

Geo. U.

528

ml

Geo. U.
528 ml

Das Karrenproblem.

Die Geschichte seiner Lösung.

Von

Dr. Max Eckert,

Assistent am geographischen Institut der Universität Leipzig.

Mit einer Figur im Text.

Sonder-Abdruck aus: Zeitschrift für Naturwissenschaften Band 68.

Bayer. Staatsbibliothek München.
Aus der Bibliothek G. Merzbacher
1926

Leipzig.

C. E. M. Pfeffer.

1896.

1025

52 A

Geo. H. 528 ml Ecker
Zeitschrift

für

Naturwissenschaften.

Im Auftrage des naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen
und Thüringen und unter Mitwirkung von

Geh. Rath Prof. Dr. Freih. von **Fritsch**-Halle a. S., Prof. Dr. **Garcke**-
Berlin, Geh. Rath Prof. Dr. **Leuckart**-Leipzig, Geh. Rath Prof.
Dr. **E. Schmidt**-Marburg und Prof. Dr. **Zopf**-Halle a. S.

herausgegeben von

Dr. G. Brandes,

Privatdozent der Zoologie an der Universität Halle.

Verlag von C. E. M. Pfeffer.

Leipzig.

Redactionelle Bemerkungen.

Die Zeitschrift für Naturwissenschaften bietet ausser Original-
abhandlungen kleinere Mittheilungen aus den verschieden-
sten Gebieten und Besprechungen der neu eingegangenen natur-
wissenschaftlichen Litteratur. (Jährlich erscheinen 6 Hefte in einer
Gesamtstärke von mindestens 30 Bogen mit einer wechselnden
Anzahl von Tafeln und Textfiguren.) Das Abonnement beträgt
jährlich 12 Mark. Jedes Mitglied des naturwissenschaftlichen Vereins
für Sachsen und Thüringen erhält die Zeitschrift unentgeltlich.

Betreffs des Abdrucks von Originalabhandlungen gilt es als
Regel, alle Arbeiten, welche die Erforschung der Provinz Sachsen,
Thüringens und der angrenzenden Landestheile zum Gegenstand
haben, ferner etwaige naturwissenschaftliche Abhandlungen der
Mitglieder des Vereins nach Möglichkeit aufzunehmen, im übrigen
aber wird das Hauptgewicht auf allgemeiner interessante Aufsätze
und auf zusammenfassende Referate gelegt.

Die Zeitschrift soll also einerseits ein Repertorium für die
Naturgeschichte der oben genannten Gegenden sein, andererseits
will sie über alles naturwissenschaftlich Interessante
und Neue zuverlässig und schnell unterrichten.

Jeder Mitarbeiter erhält 40 Sonderabdrücke unentgeltlich; wegen
etwaiger Mehrforderungen hat er sich an die Verlagshandlung
C. E. M. Pfeffer (Leipzig, Königstr.) zu wenden.

Die Manuscripte sind in völlig druckfertigem Zustande an die
Redaction, Dr. G. Brandes, Halle a. S., Domplatz 4, zu senden.

Die Verlagshandlung.

Die Redaction.

Geo. U.
528 ml



Eckert

Das Karrenproblem. Die Geschichte seiner Lösung.

Mit einer Figur im Text.

Von

Dr. Max Eckert,

Assistent am geographischen Institut der Universität Leipzig.

Inhaltsübersicht.

Einleitungsabschnitt.

Seite

Das wenig bebaute Gebiet der Geschichte der physikalischen Geographie. Die Karrenfelder gehören zur Orographie, zur Morphologie der Erdoberfläche. Die Erforschung der Erdoberflächenerscheinungen; ihre Geschichte, ihre Erforscher. Das beste orographische Verbreitungsgebiet der Karrenfelder. Ausschluss von neuen grossen Entdeckungen über alpine Oberflächenformen. Aufgabe für den, der sich mit einem Oberflächenproblem beschäftigt [6—8] 326—328

I. Periode.

1700—1780.

Die Anfänge der Geschichte in der Sage. Die Sagen von der Entstehung der Schrattenfelder. Die Schratten sind ausgebrannte Berge. Die ersten Spuren einer wissenschaftlichen Beobachtung. Die Geschichte der Auffassung der Karrenfelder, wesentlich eine Geschichte deutscher Forscher. Die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Lebens in der Schweiz. SCHEUCHZERS Bedeutung. Seine Beschreibung der Karren des Gemmi als erste Notiz über Karrenfelder. Der Keim der zwei grossen Richtungen bei der Theorie über die Karrenbildung, nämlich die Vertretung der chemischen und der mechanischen Erosion. Aufschwung in der Erforschung der Natur des Hochgebirges durch DE SAUSSURE. Seine Annahme eines grossen Stromes bei der Schrattenbildung. DE LA BORDE. Rückblick auf die erste Periode [8—16] 328—336

Zeitschrift f. Naturwiss. Bd. 68, 1895.

21

Bayer. Staatsbibliothek München.
Aus der Bibliothek G. Merzbacher

1026

II. Periode.

1780—1830.

Gegensatz zwischen erster und zweiter Periode. Genaueres Studium morphologischer Detailbilder. SCHNYDER VON WARTENSEE. Schilderung des Aussehn eines Schrattenfeldes, seiner Gefahren. Erste Berücksichtigung des Verhältnisses der Karren zum Menschen-, Thier- und Pflanzenleben. Abwehr des Irrthums, dass die Schratten vulkanischen Ursprungs seien. Ueber den Karren gestandene und abgezogene Gewässer. EBEL. Der erste Gedanke eines durch Schmelzwasser wirkenden Gletschers. C. ESCHERS Rede von schmelzendem Schnee. Von ihm kein schriftlicher Nachlass, ebenso nicht von S. STUDER, Vater von B. STUDER. HIRZEL. Seine drei zusammenwirkenden Ursachen bei der Entstehung der Karrenfelder. Das Verhältniss der Quellen zu den Schrattenfeldern. Eigenartige Erklärung von Mineralquellen. Das Karrenfeld ein Bild der durch atmosphärische Einwirkungen verursachten Durchfurchung und Auswaschung der gesamten Erdoberfläche. Die Karrenbildung ist fortdauernd. Zusammenfassung der Hauptmomente der zweiten Periode [16—24] 336—344

III. Periode.

1830—1870.

Die Zeit der intensivern Erforschung alpiner Probleme. Die bestimmte Differenzirung der Ansichten in zwei Richtungen: chemisch und mechanisch. v. HOFF. Alle Erdoberflächenveränderungen sind fortdauernd. LYELL's Geltendmachung der chemischen Erosion. Sein Zeitgenosse DE LA BECHE. A. ESCHER vertritt nur chemische Thätigkeit bei der Karrenbildung, ebenso die Gebrüder SCHLAGINTWEIT. Die chemische Erosion von Gletscherschmelzwässern bei SCHAUBACH. Die ersten Beobachtungen über Karren im Karst von ZIPPE, BOUÉ und ZITTEL. Alle drei denken sich die Karstkarren chemisch entstanden. Vertreter der Annahme beider Wirkungen bei der Karrenbildung. B. STUDER, Seine Bedeutung. Er und KELLER betonen das Nichtvorkommen von Karren im Jura. CHARPENTIER stellt die Gletscherwirkung in den Vordergrund, die mehr chemisch wie mechanisch ist. Das Vorkommen von Karren nur auf ziemlich reinen Kalkstein. DESOR sieht nicht die Karren als unwiderlegliche Zeugen der Gletscher an. Grosse klimatische Veränderungen. TSCHUDIS Auffassung. Beziehung derselben zu HIRZEL und KELLER. Die Wegführung der weicheren Bestandtheile des Kalksteins durch Wasser.

Wind- und Wetterlöcher. Eingehende Darstellung des Verhältnisses der Karren zum Thierleben. Nach TSCHUDI sind Karren und Karst identisch. BERLEPSCH. GÜMBEL, der Kenner der Karren in deutschen Alpengebieten. Die Karren ein augenscheinliches Beispiel grosser Erfolge von gering aber fortdauernd wirkenden Kräften. Die hervorragendste Leistung in der Darstellung der Auffassung der Karrenfelder von F. KELLER. Erste morphologische Monographie über die Schratten. Klassifikation derselben in 5 Typen. Die Karren sind das Product der mechanischen Wirkung des Regentropfens. Kraterartige Vertiefungen (Dolinen) sind sich vergrössernde Karrenschächte. Beurtheilung der Karrentypentheorie. AGASSIZ. Die Schrattenfelder sind unwiderlegliche Beweise der früheren Existenz von Gletschern. Sie sind im Jura verbreitet. Bedeutung KELLERS und AGASSIZ in der Entwicklung der Auffassung der Karrenfelder. KOHL. Zusammenfassung der leitenden Gesichtspunkte dieser Periode [24—47] 344—367

IV. Periode.

1870—1895.

Die Beobachtungen richten sich besonders auf die Verbreitung der Karren. Das Verhältniss der Forschungen dieser Periode zu denen der dritten. Die geschichtliche Stellung SIMONY'S. Maximalentwicklung der Karrenfelder in einer Höhe von 3000' bis 5000'. SIMONY'S Karrenerklärung: Drei negative, drei positive Beweise. Wie kam SIMONY zu seiner Auffassung der Karrenfelder. HEIM, der eigentliche Begründer der chemischen Wirkung bei der Karrenbildung. Gründe gegen die chemische Erosion. Nur chemische Erosion; diese am wirksamsten an der unteren Grenze der Schneeregion. Tieferer Lage der einstigen Vegetationsgrenze. Gegensatz von Gletscherschliff und Karren. Erratische Blöcke mit Karrenfurchen. HEIM gegen ROTH-PLETZ. Einwände gegen HEIMS Theorie. Karren nicht im Jura. Gegenbeweis für die Bildung der Karren durch blosse Schneeerosion. v. RICHTHOFEN'S Anschluss an Heim. BECKER, etwas andere Bedingungen für die Karrenbildung wie HEIM; besonders trägt er dem geologischen Bau Rechnung. SCHARDT, ein Schüler HEIM'S. Karren im Jura. Die Pflanzen und die Schrattenfelder. Dies Verhältniss berücksichtigt von CHRIST, GREMBLICH, WALTENBERGER. Die Publikationen in Alpenvereinszeitschriften. WALTENBERGER beobachtete merkwürdige Formen. FUGGER'S Studien am Untersberg. Karren oft da, wo an Gletscherwirkung nicht

zu denken ist. Zeitdauer der Karrenbildung. Mathematische Beweisführungen; Nachweis ihrer Unrichtigkeit. Anderweitige Bemerkungen gegen FUGGER. PENCK. Entstehung der Karren durch Regen. Auffassung des Karrenphänomens in bestimmt typischer Gestalt an der unteren Grenze der Schneeregion; ähnliche Ansicht hat RICHTER. PENCK: runde Karren unter Humus durch Abwitterung entstanden. RENEVIER, der entschiedenste Gegner HEIMS. RATZEL: Ueber Karrenfelder im Jura und Verwandtes. Beste Entwicklung der Karren in mittleren Gebirgsstufen. Karrensteine. Schluss von der Form auf die Entstehung, von der Entstehung der Karrensteine auf die der Karrenfelder. Aehnlichkeit und Gegensatz innerhalb der Formenbildung des fließenden Wassers. Diffuse Erosion. Kernpunkte der RATZEL'schen Theorie. Stellung und Beurtheilung der RATZEL'schen Ideen in der Entwicklung der Auffassung der Karrenfelder. Karstkarren, CVIJIĆ. Sein Anschluss an HEIM. Unterschied zwischen Dolinen- und Karrenbildung. Die Vorkommnisse erklären die Karrenbildung. Einseitige Beobachtung. Gewichtige Gründe gegen ihn. In einer Behandlung des Karstphänomen verdient das Karrenproblem eingehendere Berücksichtigung als wie's bei CVIJIĆ geschehen, gestützt auf selbstständige Studien. MOJSISOVICS. Die Karren sind eine Fazies in den nördlichen Kalkalpen von den in den südlichen auftretenden Dolinen. Polemik TIETZE's gegen MOJSISOVICS. DRUGUTIN HIRZ; wie TIETZE. PHILIPPSON's Beobachtungen von Karrenfeldern im Peloponnes. HASSERT's im montenegrinischen Hochgebirge. Litorale Karren: PARTSCH, STACHE, HILBER. DIENER's Karrenstudien im Libanon. Parallele zu den Alpen- und Karstkarren. Gletscherkarren im Karst. DIENER's Stellung zu MOJSISOVICS und TIETZE betreffs der Karsttrichter und Karrenbildungen. Schilderung der Karren im Libanon. Aehnliche Gebilde beobachtete GEYER im Todten Gebirge. Sind die Karren im Libanon echte Karrengebilde? Entgültiger Abschluss über Karsttrichter und Karrenbildungen. Karren auf der mexikanischen Hochebene; FELIX, LENK. Karrenartige Gebilde in Deutschland. GUTBIER. HETTNER. SAUER, BECK: Wirkliche Karrengebilde im Erzgebirge; Angabe der chemischen Analysen von dem reinen Kalkstein, der die Karren bedingt.

Versteinerte Karrenfelder; BRÜCKNER. Zur Aesthetik der Karren; BALTZER. Einseitigkeit der Forschungen in Bezug auf das Karrenproblem. Die richtige, aber kurz angedeutete Anschauung SONKLAR's.

Die Berücksichtigungen des Karrenphänomens in Lehr- und Handbüchern: UMLAUFT, VOGT, LAPPARENT, GÜNTHER, HOCHSTETTER, NEUMAYR, SUPAN, SENFT, FRITSCH, CREDNER. Charakter der vierten Periode. Ihr Werth für die Forschung [47—95] 367—415

Anhang.

Die bildliche Darstellung der Karrenfelder. [96] 416

Die bildliche Darstellung hat auch ihre Geschichte. Die Bedeutung des Landschaftsbildes als naturhistorisches und geographisches Veranschaulichungsmittel. O. PESCHEL. Bildliche Darstellungen haben wir von KELLER, STUDER, GÜMBEL — bei ihm die schlechteste bildliche Wiedergabe —, VOGT, WALTENBERGER, HEIM, GÜNTHER, RICHTHOFEN FUGGER, DIENER, UMLAUFT, SAUER, SIMONY. Letzterer ist der Meister der auf tiefere Naturkenntniss gegründeten wissenschaftlich-bildlichen Darstellungen. HAAS. Photographien von Karrenfeldern.

Die kartographische Darstellung des Karrenterrains. Die einzige bisher gelungene von BECKER

Einleitung.

Mit der geschichtlichen Darstellung der Auffassung der Karrenfelder treten wir ein in das bis jetzt noch wenig bebaute Gebiet der Geschichte der physikalischen Geographie. Unsers Wissens ist das von uns zu handelnde Kapitel aus der Geschichte der physikalischen Geographie noch nicht zur Darstellung gelangt. Indem wir uns bemühen, die uns gestellte Aufgabe so ausführlich wie möglich zu behandeln, können wir nicht umhin, einige orientirende Bemerkungen über das Karrenphänomen vorzuschicken.

Wie eigene Untersuchungen uns zu der Definition über die Karren „als eine in verhältnissmässig reinem Kalkstein vorkommende typische Oberflächenerscheinung, die sich in Furchen und dazwischenliegenden Firsten äussert und wesentlich an die Klüftungsfähigkeit des Kalksteins wie an die Wirkung der Atmosphärentheile und der Pflanzen gebunden ist“, führten, zeigt sie gleich, wie wir es mit einer Oberflächenerscheinung der Erde zu thun, wie wir die Karren in das Gebiet der Orographie der Erdoberfläche zu weisen haben. Der Formenschatz der Erdoberfläche wurde zum ersten Male systematisch durch VARENIUS zusammengestellt. Weitere Verdienste um die Erforschung der Erdoberflächenerscheinungen der Erde erwarben sich PLAYFAIR, STRUVE, REUSS, RICHTER, KÜHN, NAUMANN, GILBERT und GEIKIE. K. RITTER hat in seinem Einleitungsabschnitt zur allgemeinen vergleichenden Geographie die Oberflächenformen der Erde behandelt; auch A. v. HUMBOLDT gab Fingerzeige, die Formen der Erde kennen zu lernen. Ihre Darlegungen, wie auch vielfach die ihrer Nachfolger, z. B. SONKLAR'S, sind mehr deskriptiver Natur; eine genetische

Morphologie auf geographischem Boden brach sich erst mit PESCHEL's Problemen Bahn. Nach diesem Muster und durch den Einfluss britischer und amerikanischer Geologen und Geographen liegen heutigen Tages gute morphologische Spezialarbeiten vor. Um den wissenschaftlichen Aufbau der Morphologie erwirbt sich PENCK gegenwärtig grosse Verdienste; er hat einen vorläufigen Abschluss der bis jetzt vorliegenden Forschungen im Laufe des vorigen Jahres in der „Bibliothek Geographischer Handbücher“ veröffentlicht unter dem Titel: „Handbuch der Morphologie der Erdoberfläche.“ Nicht vergessen sei als ein Muster genetischer Behandlung der Erdoberflächenformen v. RICHTHOFEN's Führer für Forschungsreisende.

Es wäre wohl hier der Ort, ein Karrenfeld zu charakterisiren; doch wir kommen auf das Aeussere dieses Phänomens bei der Behandlung einzelner Forscher zurück. Die Schrattenfelder zeigen sich in ihrer typischsten Form in der Grenzregion zwischen Schneeablagerung oder Gletscher und Waldgürtel, in jenen Höhen, wo die Fessel eines scheinbaren Todes selbst den Ton gefangen hält, wo das lastende Schweigen der erstarrten Natur eines Kalkgebirges nur selten unterbrochen wird. Dort stehen wir über berghoch gelagerten Resten zahllos erneuter Thierwelten und werden vom Staunen in diesen „abgedeckten, erschlossenen Katakomben untergegangener Schöpfungen“ ergriffen. Unermesslichen Epochen der Erdgeschichte mit ihren Ketten von Entstehung, Bildung und Umgestaltung stehen wir gegenüber. Man hat die Karrenfelder mit Wüsten verglichen, wo alles erstorben ist. Sie liegen aber durchaus nicht in ewig starrer Resignation da. Die Lebenspulse der Erde durchzittern auch diese vermeintlichen Einöden in regelmässigen Schlägen. Hier arbeitet ein stillgeschäftiges Treiben, kaum erkennbar, aber stetig. Bei der Betrachtung solcher Verwüstung der Gebirgsoberfläche kommt einem zuerst fast immer der Gedanke, dass die Zerstörung kaum das langsame Ergebniss der gegenwärtig wirkenden äussern Einflüsse sein kann; denn es giebt viele Gebirge von gleicher Kalksteinformation und Höhenlage, die unter gleichen klimatischen Verhältnissen stehen, aber nichts von

einer Zerstörungstype der Oberfläche haben, die wir Karrenform nennen könnten. Wie weit diese Gedanken Bestätigung finden, wird aus der Behandlung des Karrenproblems selbst hervorgehen.

Die alpinen Oberflächenformen sind schon eingehendern Untersuchungen unterworfen worden. Grosse Entdeckungen in dieser Beziehung sind wohl jetzt ausgeschlossen. Die Aufgaben für den, der sich nun mit irgend einem Problem der Oberflächenerscheinung beschäftigt, werden immer schwieriger, wenn er zum weitem Aufbau der gewonnenen Resultate ein Scherflein beitragen will. Da heisst es vor allem: sorgsam nachlesen, was ältere Forscher bereits schriftlich niedergelegt haben! Auch uns ergeht es so bei einer Betrachtung der Bildung der Karrenfelder; und so lässt uns die geschichtliche Beleuchtung der Auffassung des Entstehens der Schratten erkennen, dass uns in dem Karrenphänomen kein neues Problem entgegentritt, wiewohl es erst in diesem Jahrhundert und vorzüglich in den zwei letztvergangenen Decennien mehr gewürdigt worden ist.

I. Periode.

1700—1780.

Wie die Anfänge der Profangeschichte in dem heimnissvollen Dunkel der Sage und des Märchens ruhen, so hat auch unser Stück Geschichte der physikalischen Geographie die Wurzeln in ein Sagengewand gehüllt. Eine Sage kann keine wissenschaftliche Erklärung der Entstehung des Karrenphänomens geben, aber doch soll sie bei einer geschichtlichen Darstellung nicht übersehen werden. Die Vorstellungen von der Bildung der Karrenfelder im Volksbewusstsein sind mehr gemüthlicher Natur, und sie haben schon gelebt, noch ehe sie schriftlich fixirt wurden. Darum geschieht es wohl mit Recht, wenn wir sie an den Anfang unserer Geschichte und Kritik über die Entstehung unserer Karrenfelder stellen. Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Volksglaube überall, wo sich

Düsteres, Ungewöhnliches, Unerklärliches zeigt, die Einwirkung übernatürlicher Kräfte voraussetzt. Auch hier nimmt er seine Zuflucht zu infernalischen Mächten, zu bösen Geistern. Wie wir bei der etymologischen Betrachtung des Wortes „Schratten“ sahen, hängt mit ihm eng der Ausdruck „Schrättli“ zusammen, d. s. nach J. GRIMM wilde, rauhe, zottige Geister. Wie Schermäuse durchwühlen sie den Erdboden, den Erdkörper, der ihnen ein „Nichts“ ist; die Karren sind so durch ihr Ausbohren und Durchbrechen der Gesteine entstanden. Von den andern Sagen, die an die Schratten lokalisiert sind, heben wir die wichtigste heraus, die die Bildungsweise der Karren berücksichtigt.

Von der Schrattenfluh im Entlibuch erzählt sich das Volk, dass sie dereinst eine schöne Alpenweide gewesen sei, die von zwei Brüdern verwaltet wurde. Als der eine der Brüder erblindete, wurde dem andern die Theilung der Alpenweide übergeben, der dies zu seinem Vortheil benutzte, indem er sich das beste Stück nahm und dazu die Marksteine noch falsch setzte. Als dies der Blinde erfuhr, setzte er seinen ungerechten Bruder zu Rede und Antwort. Dieser verschwor sich aber, dass der Teufel ihn holen und die Alpenweide zerreißen solle, wenn er nicht recht getheilt habe. Kaum hatte er es gesagt, entstand ein furchtbares Gewitter, und der Teufel erschien, um den Schwur zu erfüllen. Der blinde Bruder behielt seine Weide unversehrt, der ungerechte aber fiel der Hölle, und von seiner Weide riss der Teufel alle Rasen und nutzbares Erdreich hinweg in so gieriger Weise, dass noch heutigen Tages die Spuren seiner Krallen im Gestein in Gestalt jener Karrenrinnen und Karrenrisse erblickt werden. — Lassen wir das Motiv dieser Sage ausser Spiel, so liegt neben dem Sinn, das Karrenphänomen zu erklären, der tiefere und ernstere: Die unverständige Menschenhand, die die Wälder ausrodete, dass der Boden in Kahlheit und Oede starrt und den Unbilden und zerstörenden Einflüssen jeglicher Witterung preisgegeben ist, ist die Teufelsfaust, die so manche Berge verdorben hat.

Neben oder nach den sagenhaften Erklärungsversuchen unseres Phänomens machen sich auch solche geltend, die

nicht mehr ganz dem Bereiche der Phantasie angehören und schon mehr Verstandesthätigkeit voraussetzen. Dass sich solche mehr der abstrahirenden als kombinirenden Verstandesthätigkeit entsprungenen Anschauungen auch dort zuerst bilden mussten, wo der Mensch fast in unmittelbare Berührung mit den Karrenfeldern kam, ist leicht einzusehen. Und wo konnten die Bedingungen günstiger geschaffen sein als in den Schweizerlanden? Im Kanton Luzern war der Boden dazu besonders geeignet. Weit hinauf an den Bergen, bis ins Bereich der ewigen Schneefelder trieb man schon seit grauer Zeit die Herden, namentlich Schafherden. Man kannte die Gefahr, die den Schafen drohte, sobald sie sich in das Labyrinth eines Karrenfeldes verirrten. Man ging wohl dann den Schafen nach und war gezwungen, die gefährlichen Firsten, Klippen und Schneiden der Karren zu überwinden.

Das Volk wurde nicht allein mit den Karren in Berührung gebracht, auch Leute, die sich für ihre Zeit schon eingehender mit Naturstudien in den Alpen befassten. Oft waren es Geistliche, die sich neben der Seelsorge ihrer Gemeinden mit Vorliebe für ihre Berge interessirten. Ob sie, die Gebildeten, nun allein Träger des folgenden darzulegenden Erklärungsversuches, oder das Volk, oder beide zugleich sind, das lässt sich nicht gewiss entscheiden. Nur das steht fest, dass man die Schratten bald bis zum Ende des 18. Jahrhunderts für „verbrannte Berge“ hielt. Diese Ansicht reicht gewiss auf sehr alte Zeit zurück; leider lässt sie sich litterarisch nicht weiter als bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts verfolgen. Wie kam man dazu, die Schratten für einen erloschenen Vulkan oder ausgebrannten Berg zu halten? Es ist der Eindruck des Ungewöhnlichen. — Die wunderlichen zerhackten und zerlöcherten Gestalten gaben den Anlass. Die Abgründe, die Höhlen, die Trichter, die grössern vor allem, hielt man für Feuerschlünde, „und die übrigen Eröffnungen, Einschnitte und versplitterten Steine schienen Wirkungen der nämlichen zerstörenden Ursache zu sein“. So erzählt uns SCHNYDER, dem wir noch einmal lauschen werden, wenn er uns seine Gründe gegen eine solche Vulkantheorie darlegt. Die in der Nähe der

Karren sich findenden losen Steine, die an der Grenze nach der Waldregion zu gewaltige Grösse erreichen können, die im grossen und ganzen auch dieselbe Oberflächenbeschaffenheit zeigen als die Karrenfelder, waren Beiträge, im Volke den Glauben an ausgeworfene Bestandtheile feuerspeiender Berge zu erwecken.

Wenden wir uns dem Gebiete exakter Forschung zu! Freilich auch dieses „exakt“ können wir für die Beobachtungen über Karren unsrer ersten Periode anwenden, da wir uns mit mehr oder minder bloss zufälligen Randbemerkungen begnügen müssen. Die ersten Spuren in dieser Beziehung finden wir wieder in der Schweiz. Da die Karren eine typische Oberflächenform der Alpen sind, und die Alpen zum grössten Theile von deutschen Völkern bewohnt werden, so ist es natürlich, dass die Geschichte der Karrenbildung wesentlich deutsch ist; unter den angrenzenden Völkern nehmen die Franzosen an der Karrenforschung den grössten Antheil, an sie reihen sich erst später Serben, Ungarn, überhaupt Oestreicher.

Ein Blick in die Entwicklung des wissenschaftlichen Lebens in der Schweiz lehrt uns, dass sich erst an SCHEUCHZER's Namen eine ernstere physische Erforschung des Schweizer Landes heftet. J. JACOB SCHEUCHZER (1672–1733) bereiste zuerst mit mathematischen und physikalischen Instrumenten die Schweiz. Beinahe jeder Zweig der Naturgeschichte dieses Landes verdankt ihm wichtige Beiträge. Er beobachtete fleissig. Es lag daher die Vermuthung nahe, in seinen Werken anzufragen nach Beobachtungen über Karrenfelder. Unsere Vermuthung sollte bestätigt werden, denn in seiner „Beschreibung der Natur-Geschichte des Schweizerlandes“ vom Jahre 1708 finden wir die von ihm besuchten Karren des Gemmi beschrieben, wenn sie auch noch nicht von SCHEUCHZER „Karren“ genannt werden. Die Stelle seines Werkes ist zu interessant, als dass sie nicht eine wörtliche Wiedergabe verdiene. SCHEUCHZER beschreibt den Gemmi, dann den „Dauben“- oder „Dubensee“ (jetzt „Taubensee“) und fährt zu berichten fort: „Nebst disem See beliebe der curiose Reisende in acht zu nehmen Wällenförmige, in die harten Felsen eingetruckte Hölen,

welche vielleicht denen Sündflut Wellen, als sie über diese annoch weiche Gebirge hergefahen, zuzuschreiben seyn; wann wir nicht wollen diese Unebenheiten der Felsen zuschreiben dem Schnee-Wasser selbs und sagen, das auch dieses könne durch langes Stillstehen in solchen Grüblein die Felsen erweichen, oder mit seinem Abfluss über höhere Felsen dieselben also aushölen. Ich hab der gleichen Aushölungen hin und wider angetroffen auf den Spitzen hoher Alpgebirgen, und schreibe sie eher zu der ersten, als letztangebrachten Ursach.“

Eine Deutung dieser Stelle auf andere Gebilde als Schratten ist wohl ausgeschlossen, da sie auch wieder von DE LA BORDE, EBEL und HIRZEL geschildert und von letztern besonders als „Karren“ bezeichnet werden. — SCHEUCHZER ist also der Meinung, dass die Wellen einer grossen Flut ihre Eindrücke auf das noch nicht erhärtete Kalkgestein hervorbrachten. Es ist demnach eine eigene Art von mechanischer Wirkung thätig gewesen, wie wir heute noch in dem Ufersande bis weit unter das Meeresniveau die Spuren der Wellen in wellenförmigen Linien beobachten können. Aehnlichkeit haben allerdings diese Formen nicht mit den Karren. Neben der Ansicht, die sich auf mechanische Wirkung gründet, giebt SCHEUCHZER eine andere Entstehungsart der Karrenfelder durch die Schneewasser, die durch langes Stillstehen den Felsen erweichen und so mancherlei Höhlungen und Gruben hervorbringen. Das wäre eine Art chemischer Erosion. Mit den Worten: „Mit seinem Abfluss (nämlich des Schneewassers) über höhere Felsen dieselben also aushölen“ verbindet wohl SCHEUCHZER den Sinn mechanischer Thätigkeit.

Es ist gewiss ein eigenthümlicher Zufall, dass gerade am Anfang der Geschichte der Entstehung des Karrenphänomens schon die Keime der zwei grossen Richtungen, die im folgenden Jahrhundert eine so grosse Bedeutung gewinnen und sich heute noch gegenüberstehen, mehr oder minder offen liegen. Es sind die Richtungen, die einmal die mechanische Erosion, das andere Mal die chemische für die Karrenbildung verantwortlich machen. Wenn auch die Ansichten SCHEUCHZER's viel Modifikationen erfahren

haben, so bewundern wir doch, wie er das Phänomen gegenüber den festgewurzelten Volksmeinungen kritisch zu behandeln wusste. Die Hypothese der Sündflut musste eo ipso fallen, denn die scharfe Beobachtung eines Karrenfeldes zeigt, dass hier nimmermehr Wellenbewegungen die oft eng nebeneinanderliegenden und tiefen Formen hervor gebracht haben, sondern ganz andere Ursachen, z. B. „stürzende Wasser“ und „Schnee-Wasser“, wie SCHEUCHZER neben anderm schon ganz treffend vermerkt.

Das Wissen über die physische Beschaffenheit der Alpen ist von SCHEUCHZER ab bis über die Mitte des 18. Jahrhunderts fast stationär geblieben, bis erst mit DE SAUSSURE ein bedeutender Aufschwung in der Erforschung der Natur des Hochgebirges gewonnen wurde. Hatte sich SCHEUCHZER mehr mit den im Fluge erhaschten Beobachtungen begnügt, so sehen wir in SAUSSURE einen gründlichen Forscher, der, gestützt auf sichere Beobachtungen und wichtige, zum Theil selbst erfundene physikalische Apparate, die besten Ergebnisse für die physikalische Geographie der Alpen zu Tage förderte. Von ihm sagt STUDER in der Geschichte der physischen Geographie der Schweiz: „DE SAUSSURE ist der Begründer der Physik des alpinischen Hochgebirges, der Kenntniss seiner geologischen Struktur, seiner Steinarten, seiner Wärmeverhältnisse und atmosphärischen Zustände. Bei ähnlichem Streben wie SCHEUCHZER überragt er diesen um die ganze hohe Stufe, auf welche die Physik im Laufe eines Jahrhunderts erhoben worden war.“ Berühmt ist DE SAUSSURE durch seine Montblanc-Ersteigung im Jahre 1787. Die Eisfelder von Chamonix hat er eingehend untersucht. Die Frucht seiner Alpenstudien hat er in den „Voyages dans les Alpes“ niedergelegt. Darin nimmt er ein paarmal Gelegenheit, von den Runsen der Kalksteinoberfläche gewisser Gebiete zu reden. „On voit sur ces rochers des sillons à-peu-près horizontaux, plus ou moins larges et profonds; il y en a de 4 à 5 pieds de largeur, et d'une longueur double ou triple, sur 1 ou 2 pieds de profondeur. Tous ces sillons ont leurs bords terminés par des courbures arrondies, telles que les eaux ont coutume de les tracer.“ Diese Zeilen

ergeben, dass er die uns bekannten Karren meint. Nicht zu übersehen ist es, dass er so bestimmt die Bildung dieser Furchen mit ihren am Rande rundlichen Krümmungen den mechanischen Wirkungen des Wassers zuschreibt. Er nimmt einen grossen Strom an, der über das Gestein mit grosser Gewalt die Wasser führte. Ausdrücklich weist DE SAUSSURE darauf hin, dass solche Furchen nicht durch Regengewässer gezogen sein können; denn diese müssten Höhlungen bilden, die mit dem Horizonte „perpendikular“ wären, oder sich nach der grössten Neigung der Felsen richten, statt dass sie fast horizontal auf ganz vertikalen Flächen gezogen sind.

Weiter erwähnt DE SAUSSURE auf der Kalksteinoberfläche neben den Furchen ausgerundete Höhlen von mehreren Schuhen Durchmesser. Sie sind durch Wasserstrudel gebildet worden, die sich mit Heftigkeit gegen die Felsen und besonders aus ihm hervorragende Theile warfen und die Einfassung dieser Höhlen zugleich abrundeten; und da ihre Oeffnung auf der vertikalen Fläche steiler Felsen ist, so kann ihr Ursprung nicht von einem Falle der Wasser von dem Berge herab, sondern von einem ehemaligen grossen Strom hergeleitet werden. DE SAUSSURE beobachtete auch Aushöhlungen, Rinnen, die nach verschiedenen Richtungen gingen und in einer dem Strome ganz entgegengesetzten Richtung gebildet sind. Alle Zweifel über deren Entstehung schwinden, wenn man bedenkt, dass sich an den Seiten aller grossen Strömungen, sowohl in Flüssen als im Meere, Nebenströme (*remoux*) bilden, die in einer dem Hauptstrome entgegengesetzten Richtung, und oft so reissend als er, dahinfließen; dazu entstehen in diesen Strömungen noch reissende Wirbel oder Strudel, deren auffressende Gewalt sehr beträchtlich ist. Die Formen, die DE SAUSSURE auffielen, liessen ihm die Karrenbildung auf mechanische Weise erklärbar scheinen. Er setzt also als thätigen Vorgang für die Furchengebilde die Bewegungen eines grossen Stromes und kleiner Strömungen in diesem, die gegen die Gesteinsmassen mit grosser Kraft gewirkt haben, voraus. — Hier findet seine Theorie den Anstoss und fällt in sich zusammen, da er nicht die Möglichkeit eines grossen Stromes an jenen Stellen des

Mont Salève nachzuweisen vermag. Bis zu der Schlussfolgerung, dass der Strom ein Gletscherstrom sein könnte, ist er noch nicht vorgedrungen.

In dem erklärenden Text eines Bilderwerkes vom Jahre 1780 wird der schrundigen Oberfläche des Gemmi gedacht. Diese „Tableaux topographiques, pittoresques, physiques, historiques etc. de la Suisse“ sind eine der herrlichsten Bildersammlungen aus dem vorigen Jahrhundert, die sich bemüht, alpine Landschaften, selbst alpine Probleme dem Leser anschaulich vorzustellen; sie sind von DE LA BORDE herausgegeben. Ob er der Schreiber des in vielen Beziehungen vortrefflichen Begleitwortes ist, lässt sich nicht sagen. Merkwürdigerweise erwähnt auch STUDER in seiner Geschichte der physischen Geographie der Schweiz nichts von DE LA BORDE und seinem Werke. Hierin wird bei dem Gemmi von der wunderbar zerklüfteten Oberfläche gesprochen, von den Löchern, Hohlkehlen, Falten und Rissen. Von den Entstehungsursachen dieser Formen werden aufgezählt: „Le séjour des neiges, des eaux, la gelée, et l'intempérie des saisons.“ Weiter vernehmen wir zu unserm Bedauern nichts. Aus den Worten können wir nur entnehmen, dass der Schreiber ein richtiges fassbares Bild von den Formen der Karren hatte, die er vielleicht aus eigener Anschauung kannte, oder für deren Beschreibung er eine gute, bis jetzt uns noch unbekannt gebliebene Quelle benutzt haben mag.

Bei einem Rückblick auf die von uns als erste für die Anschauung des Karrenphänomens angenommene Periode erkennen wir, dass sich schon die verschiedensten Erklärungsversuche gegenüberstehen, hier die sagenhaften, da die auf Vulkanismus begründeten, hier eine Art mechanischer Wirkung einer Sündflut oder eines grossen Stromes, da eine Art von chemischer Thätigkeit des schmelzenden Schnees. Fast in allen Erklärungsversuchen herrschen grosse Irrthümer, SCHEUCHZER's Anschauung über Karrenbildung ist in einigen Beziehungen bald eine gereifere als die von DE SAUSSURE, trotzdem dieser in seinen wissenschaftlichen Leistungen über jenem steht. Die beste, leider kürzeste Erklärung finden wir bei DE LA BORDE. In dem-

selben Jahre, da die Arbeit des letztern erschien, beginnen bessere Anschauungen durchzudringen, über die uns die folgende Periode belehren wird.

II. Periode.

1780—1830.

Wenn wir in der ersten Periode in der Entwicklung der Auffassung der Karrenfelder bisher keinen wesentlichen Fortschritt konstatiren können, so liegt der Grund wohl hauptsächlich in den wichtigen allgemeinen Fragen, die man zunächst zu beantworten suchte; nicht in Einzelfragen, die sich mit morphologischen Erscheinungen begrenzter alpiner Oberflächengebiete beschäftigten, als vielmehr in grossen, die die Physik des alpinen Hochgebirges, seine geologische Struktur und Klimatologie und Meteorologie zu tieferer Erkenntniss bringen sollten.

In der zweiten Periode beschäftigte man sich nicht mehr so nebenbei mit morphologischen Phänomenen; man fing an, mit kritischem Blick selbst der kleinsten Bodenform nahe zu Leibe zu gehen. Und so finden wir denn die erste selbständige und eingehende Schilderung des Karrenphänomens in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts bei SCHNYDER VON WARTENSEE! Er beschrieb in einem Sonderaufsatz die Schratten (sing.) oder Schrattenfluh oder den Schrattenberg, der südsüdwestlich zwei Stunden von dem Dorfe Schüpfen oder Schüpfenheim liegt, dem Hauptorte der Landschaft Entlibuch (jetzt Entlebuch) im Kanton Luzern, in welchem Orte SCHNYDER als Pfarrer thätig war. Er sagt, dass die wegen ihrer Klüfte, Höhlen, Löcher und anderen Naturseltenheiten recht merkwürdige Schratten gar wohl einer nähern Beschreibung werth sei. Hören wir, was er sagt! — Die Schrattenfluh besteht hauptsächlich aus gemeinem Kalke. Die auf der Schratten vorkommenden Risse, Fluhspalte, Klüfte, Abstürze u. s. w. stellen alles Schreckbare des Berges vor. Auf das „Schreckhafte“ und „nicht fürchterlich genug Abzuschildernde“ der

Schratten weist er mehrfach hin mit dem Bemerken, ja einen guten, bewanderten, starken und beherzten Führer mitzunehmen bei einer Wanderung durch das Schrattengebiet; zugleich warnt er, Hunde mitzubringen, die die Schafherden in die verderbenbringenden Schroffen und Felsen hineinjagen. Die Steine der Schratten sind bald mehr horizontal, bald mehr vertikal und oft durchlöchert. Viele schneiden fast wie Messer, dass man beim Darübergehen sehr sorgfältig auftreten muss. Wie SCHNYDER das Verhältniss der Karren zum Menschen berücksichtigt, so auch das zum Pflanzen- und Thierleben. Als erster, der dies hervorhebt, müssen wir seiner in Rücksicht dieses Verhältnisses gedenken. „Die Fluhriestern und das Berggeflügel, auch kleinere Alpenvögel lassen sich da wacker hören.“ Selbst der Geier breitet mit seinen Flügeln dunkle Schatten auf das helle Gestein. Weisse Hasen, Lämmerfüchse, Murmelthiere lassen sich hin und wieder sehen. Wo Pflanzen in den Klüften Fuss greifen können, zeigen sie ein ausgezeichnetes Wachsthum; unter ihnen ragt die schöne Alpenrose hervor.

Neben den obigen allgemeinen Betrachtungen über die Auffassung der Karrenfelder fesseln uns SCHNIDERS Gedanken über ihre Entstehung. Er weist zuerst den Irrthum ab, dass die Schratte vulkanisch sei. „Entweder müsste sie vor oder nachdem die See sie und andere Berge — gesetzt die Schratten sey schon Berg gewesen — bedeckt hatte, gebrannt haben. Im ersten Falle musste sie von dem Gewässer wieder eine andere Gestalt annehmen: kann also nicht in der erscheinen, die ihr das Feuer ehemals gegeben; oder hätte dann mehrmals brennen müssen. Brannte sie aber einst nach abgelaufenen Wässern, würden bey alledem die Kalksteine sich so, wie wir jetzt sehen, die Petrifikationen aus dem Thierreiche zum voraus, erhalten haben?“ — Die „zerschrundeten, zerspalteten, zerhacketen, zerrissenen, zerborstenen, zerlöcherten“ Gestalten sind nach SCHNYDER die Spuren von einst darüber gestandenen und abgezogenen Gewässern.

Noch ein Gedankenschritt — den zu thun schon SAUSSURE verfehlt hatte — von den darüber gestandenen

Gewässern zu den festen, zu den Gletschern, und wir hätten bei SCHNYDER (auch Schneider oder Schnider von Wartensee) die Anschauung, die im folgenden Jahrhundert der vielbestrittene Kernpunkt der Gletschertheorie in Bezug auf die Karrenbildung geworden ist. Da er von den abgezogenen Gewässern spricht, können wir annehmen, dass er sich die Karrenentstehung als einen mechanischen Vorgang dachte. Von festem Wasser auf den Karren redet er nur soweit, als der Schnee die Gefahr beim Begehen der Karren durch das Ausfüllen der Löcher und Rinnen erhöht. Ob nun SCHNYDER an eine Weiterbildung der Karren gedacht hat, wenn er sagt: „Die Kalkfelsschichten sind durchaus regulär und scheinen den Schimberg noch einst zur Schratten machen zu wollen“, lässt sich nicht unbedingt herauschälen; — wie man sich überhaupt neben dem Zuwenig- mehr noch vor dem Zuvielherauslesen aus Werken älterer Schriftsteller hüten muss.

Die Schratten des Entlebachs erwähnt später noch einmal STALDER in seinen Fragmenten über das Entlebach, aber ohne ihrer Entstehungsursachen zu gedenken.

Zu der Schlussfolgerung von den über den Karrenfeldern gestandenen Gewässern zu festen Gewässern, also zu Schnee- und Eismassen, die SAUSSURE und ebenso SCHNYDER nicht gethan haben, dringt in dieser Periode J. G. EBEL vor. Er beschreibt wie SCHEUCHZER die Karren des Gemmi in seiner Anleitung, die Schweiz zu bereisen, einem Buche, das vor reichlich hundert Jahren in erster Auflage herauskam, das nicht allein das Vorbild und grossentheils die Schatzkammer von den vielen rothen Büchern wurde, die wir jetzt in den Händen aller Reisenden gewahren, das vielmehr noch wissenschaftliche Wirkungen gehabt hat. EBEL beschreibt den Gemmi als einen der merkwürdigsten und wildesten Felsen in der Schweiz wegen seiner zerrissenen Oberfläche. Die eigentliche Erklärung für diese morphologische Erscheinung giebt er erst später in dem Bau der Erde im Alpengebirge. Hier versucht er ein allgemeines Bild vom geologischen Bau der Schweiz zu entwerfen, das wohl nach dem Stande der alpinen Geologie jener Zeiten nicht gelang, aber doch in mannigfacher Weise zu neuen Unter-

suchungen anregte. „EBEL gehörte zu den Naturen, welche nicht bei den vereinzelt Thatsachen stehen bleiben, sondern das Bedürfniss fühlen, besonders zu verbinden und aus ihnen allgemeine Schlüsse abzuleiten und bei denen dieser Drang zur Synthese so stark ist, dass sie ihr Gebäude oft auf Grundlagen errichten, die noch nicht gesichert sind (O. HEER).“ Und doch hat er schon eine ganz bestimmte Anschauung von der Entstehung der Karren; an den wunderbar schlängelnden Vertiefungen und platten Erhöhungen gewinnt er einen Beweis für das Vorhandensein früherer grosser Gletscher. In tausend Windungen rinnt unter allen Gletschern das Schmelzwasser und löst nach und nach die Oberfläche der Felsen in seinem Laufe auf; dabei sinkt das Bett der kleinen Bäche immer tiefer, und die Felstheile, die dazwischen liegen, erheben sich nothwendig als platte Erhöhungen.

Eine ganz andere Natur wie EBEL war C. ESCHER. Er beobachtete sicher und ruhig und baute nur langsam auf sicher ermittelte Thatsachen seine Schlüsse auf. Hierin gleicht er einigermaßen dem DE SAUSSURE. Bei seinem ausgedehnten Einsammeln von Mineralien der Schweizer Alpen sah er oft Karren, die er durch Wasser entstanden erklärte, das vom schmelzenden Schnee auf den unter demselben liegenden Kalksteinfelsen abtröpfle. Das ist alles, was wir von C. ESCHER erfahren. Litteratur hierüber hat er nicht hinterlassen. Ebenso ergeht es uns mit S. STUDER, dem Vater von B. STUDER. Man weist ihm das Verdienst zu, zuerst genauer nach der Ursache der Karrenerscheinung geforscht zu haben, „deren Ermittlung jedoch nach seinem eigenen Geständniss ihm nicht gelang (KELLER).“

Einen ganz bedeutenden Fortschritt gewinnt die Geschichtsdarstellung der Auffassung der Karrenfelder durch die Untersuchungen von HIRZEL, einem Freunde ESCHER's, der die Karren als eine besonders eigenthümliche Bildung der felsigen Oberfläche der Kalkalpen auffasst, die sich bald durch schmale und enge Furchen, dass man sich den Fuss darin einklemmen kann, bald durch grosse Höhlen und Schächte, in denen zuweilen kleine Häuser Platz fänden, charakterisirt. HIRZEL kennt Karren im Kanton Luzern

und die des Gemmipasses; von den letztern sagt er, dass sie bei weitem nicht so scharf, sondern mehr abgerundet seien und entfernte Aehnlichkeit mit ungeheuern an einander gereihten Wirbelknochen hätten, „daher auch schon wirklich gelehrte Männer den Einfall hatten, Versteinerungen daraus machen zu wollen.“

Drei zusammenwirkende Ursachen macht er für die Bildung der Karrenfelder verantwortlich: Lage und Höhe des Gebirges, Schichtung und Zerklüftung der Felsmasse und Verwitterungsart derselben. Je nach dem Zusammenwirken dieser drei genannten Ursachen in gewissen Richtungen „bestimmt sich auch die mehr oder minder auffallende Form dieser Felsstruktur.“ Dazu giebt HIRZEL weitere Ausführungen. Wo der Kalkfels flach zu Tage tritt in einer Höhe von 6000—7000 Fuss und der Schnee im Sommer nur auf wenige Monate wegschmilzt, wo es zuweilen im Sommer schneit und des Nachts gefriert, wo der Fels durch die Vegetation vor Verwitterung und Auswaschung nicht geschützt ist, da zeigen sich die grotesksten Formen, eben die Karren.

Was die Schichtung und Zerklüftung des Schrattenkalkes anlangt, so ist sie „beinahe ganz senkrecht“. Die Verwitterung bringt auf dem harten, etwas „kieseligen“ Kalkstein, der sich nicht in „erdige oder dünnschieferige Massen“ auflöst, oberflächliche Eindrücke hervor. Eine fortwirkende Auflösung ist thätig, und die aufgelösten Theile werden durch die Strömung des Regen- und Schneeswassers abgewaschen. Hat sich das über die Felsfläche dahinfließende Wasser in die Schichtung hineingearbeitet und durch seine Ausdehnung bei dem öftern Gefrieren die erst kleinen Spalten beträchtlich erweitert, so ist seiner weitem Fortwirkung zur Bildung der sonderbaren Karrengräten der Weg geöffnet. Ob die Rinnen schmal oder breit, flach oder tief, lang oder kurz sind, parallel oder nicht neben einander herlaufend, das hängt ganz von der Beschaffenheit des Gesteins ab. Es entstehen gewissermassen „Längenthäler“, deren Seiten von der „Verwitterung und Auswaschung“ wieder angegriffen werden, in deren dazwischen liegenden Rücken man bisweilen wieder Ein-

schnitte beobachten kann, „so dass das ganze Felsenfeld einem grossen Basrelief voll scharfer Gebirgsgräte und enger, tiefer, dazwischenliegender Thäler nicht unähnlich sieht.“

Bei einer genauern Betrachtung der Felsgräte findet man, dass sich viele durch regelmässige Gestalt auszeichnen und dem ganzen Felsrücken eine höchst „regelmässige Einkerbung“ verleihen. Zu deren Entstehung giebt die kleinste Vertiefung oder Einsattelung in dem zuerst gebildeten Felsrücken Anlass, die von den Gewässern vertieft wird; und, da der Rücken scharf aufgerichtet ist, fliessen die Wasser nach beiden Seiten gleich vertheilt ab und bilden somit regelmässige und gleichförmige Quereinschnitte. Für die messerartigen Schärfen der Karrengräte giebt HIRZEL die Erklärung, dass sie durch die hier oben am stärksten wirkende Verwitterung abgefressen werden, während die Verwitterung in der Tiefe nicht von gleicher Kraftleistung ist. Hier hat HIRZEL nur zum Theil Recht; es giebt auch ein Erosionsmaximum in der Tiefe, wie späterhin die Untersuchungen von RATZEL und mir ergeben. HIRZEL's Beobachtungsfehler spricht sich noch deutlicher darin aus, dass er von einer „scharfen keilförmigen Verengung“ jeglicher Spalten redet. Diese Art von Verengung ist nicht Regel für die Ausarbeitung von Karrenformen, und schmale und weite Ausrundungen am Boden der Karrenspalten sind ein nicht zu übersehendes Kriterium bei der Bestimmung dieser Verwitterungsformen.

Wo die Karrenfelder weit ausgebreitet oder von Felsen umschlossen sind, da sind die Wasser gezwungen, nach den in der Mitte der Karrengebiete sich befindenden grössern und kleinern trichterförmigen Oeffnungen zu fliessen, um von diesen verschlungen und im Berg geläutert zu werden und ein paar tausend Fuss tiefer als „die schönsten und reichsten Quellen“, oft auch als „Heilquellen“ zu Tage zu treten. Diese Auffassung von dem Zusammenhang der Karren mit den Quellen giebt dem Schweizer Forscher die Gelegenheit, von den kalten und warmen Mineralquellen zu reden. Seine diesbezügliche Ansicht sei nur wegen ihrer Kuriosität hier berücksichtigt. Das durch die trichterförmigen Oeffnungen der Karren fliessende Wasser sammelt

sich in dem Berge wie in einem Reservoir. Es hat durch die Quelle am Fusse des Berges nur eine geringe Ausflussöffnung. Da wird es häufig vorkommen, dass auf dieses Wasserreservoir eine mehr als tausend Fuss hohe Wassersäule presst. Am Boden des angesammelten Wassers denke man sich ein „Kieslager und Erden, Säuren und Kalien, wie so oft auf Erzlagern anzutreffen sind“, die dann durch das gepresste Wasser in Zersetzung, Gährung und Erhitzung gerathen. „So wird man, mit den einfachsten Gesetzen der Chemie und Physik bekannt, sich weit leichter und natürlicher die Entstehung von kalten und warmen Mineralquellen durch obige Ursachen gebildet denken können als mit Hilfe eines, bis dahin nur als Hypothese in den Köpfen brennenden Zentralfeuers der Erde.“

Nach diesem seinem und auch unserm Exkurse bei der Betrachtung des Karrenphänomens wendet sich HIRZEL noch einmal den Karrenfeldern zu. Auf induktivem Wege, der sich ihm durch seine sorgfältigen Beobachtungen der kleinsten morphologischen Erscheinungen der Erdoberfläche zeigte, gelangt er zu dem, einen weiteren Fortschritt in der Auffassung des Entstehens der Karrenfelder bedeutenden Vergleiche, dass die Schrattenfelder ein Bild der durch atmosphärische Einwirkungen verursachten Durchfurchung und Auswaschung unserer gesammten Erdoberfläche seien. Diesem Bilde im Kleinen fehlt zur Darstellung der mannigfaltigen Modifikationen des Grossen nichts weiter als die verschiedene Beschaffenheit und Verwitterungsart der Felsmassen, die geringere oder grössere Bedeckung durch die Vegetation und die grosse Verschiedenheit der Temperatur auf den Höhen gegenüber der in den Tiefen.

Zum Schluss wünscht HIRZEL noch allen den geologischen Schriftstellern, die jeden Berg, sei er vulkanischer Natur oder nicht, als eine plötzliche Erhebung und die Thäler als Einsenkungen betrachten, dass sie sich mit unbefangenen Blick vor ein Karrenfeld hinstellen mögen, um die hier im Kleinen gemachten Beobachtungen auf die Beurtheilung der Verwitterung unserer Erdoberfläche nach vergrössertem Massstabe anzuwenden. „Wie so manche vorgefasste, der Wissenschaft höchst nachtheilige Idee würde

da verschwinden, und wie mancher Berg bliebe an der Stelle stehen, wo ihn der Schöpfer bei der Grundlegung der Welt hingestellt hat, anstatt dass er jetzt durch blosse Hypothese, so unbefugter Weise, entweder aus der Tiefe der Meere heraufgehoben, oder gar als ein aus der Luft herangeflogenes Meteor dem Erdballe, als ein gleichsam vergessener und nachzubringender Bestandtheil, geschwinde noch angeklebt wird.“ Wir scheiden von HIRZEL mit dem Bedauern, dass seine schätzenswerthen Leistungen in der Folgezeit der Karrenforschung vergessen waren, und mit dem Bewusstsein, dass seine Ansichten mit den Ergebnissen der neueren Forschung sehr viel Aehnliches haben.

Die von HIRZEL angenommenen drei zusammenwirkenden Ursachen für die Karrenbildung muss ich nach meinen Beobachtungen aufrecht erhalten, wenn ich auch die Reihe der zusammenwirkenden Ursachen für die Karrenentstehung wesentlich aus gewichtigen Gründen vermehrt habe. Dass je nach dem Zusammenwirken der drei Ursachen in gewissen Richtungen die mehr oder minder auffallende Form der Karrenfelsstruktur sich bestimmt, ist ein Beobachtungsergebnis, das nie wieder so energisch ausgesprochen worden ist. Mit der Ansicht HIRZEL's, dass der Schrattenkalk senkrecht geschichtet sei, stimmen meine Beobachtungen nicht überein, ebenso nicht mit seiner Quellentheorie, wie mit der Annahme nur eines Erosionsmaximums, desjenigen am Karrenfirst; aber damit stimmen sie überein, wenn HIRZEL von fortwährender Auflösung, von der Karrenspaltbildung durch Frost, durch Auflösung und Auswaschung infolge Regen- und Schneewassers redet. Ob er an einen chemischen Vorgang beim Auflösen gedacht hat? — Ich glaube es kaum, denn seine Annahme, dass das fließende Wasser von dem Kalkstein kleine Theilchen löse und diese dann abwasche und fortführe, deutet mehr auf eine mechanische Thätigkeit. Wie dem auch sei, so ist in unserer Geschichte HIRZEL der Forscher, der zuerst tiefer in das Wesen der Karren eindrang.

Fassen wir kurz die Hauptmomente in der Darstellung der Auffassung der Karrenbildung während dieser kurzen Periode zusammen. Es lassen sich jetzt bedeutende Fort-

schritte konstatiren. Während SCHNYDER noch an einer nicht zu beweisenden über den Karrenfeldern lagernden Wassermasse, die durch ihr Abfliessen die Schratten zustande gebracht habe, haftet, wandelt EBEL dieselbe in eine Gletschermasse um; er findet dadurch die Erklärung — die neueren Beobachtungen noch zusagt — von der Entstehung der Haupt- und Nebenthäler in einem grössern Karrengefüge, um deren Richtigstellung sich SAUSSURE vergeblich bemüht hatte. Vor allem gewinnt die genaue Darstellung der Formen einen breitem Raum, überhaupt dringt man tiefer in das ganze morphologische Wesen der Karren ein. SCHNYDER hat neben der genauen Schilderung des Aeussern eines Karrenfeldes das Verdienst, dass er das Verhältniss der Karren zum Menschen-, Thier- und Pflanzenleben beleuchtet, da man gewohnt war und heute noch gewohnt ist, die Karrenfelder durchweg als Wüsteneien und Einöden zu charakterisiren. Als die für die Auffassung der Karrenfelder zuerst grundlegenden Untersuchungen halte ich die, die HIRZEL am Rädertenstock im Kanton Schwyz und am Gemmi angestellt hat. Auch insofern ist ein Fortschritt bei ihm zu verzeichnen, dass er nicht wie die bisher erwähnten Forscher die Karrenbildung als eine abgeschlossene betrachtete, sondern als eine fortdauernde. Die Gletscherwirkungen lässt er jedoch ganz aus dem Spiele, wiewohl er der Erfinder des Bildes ist: Ein Karrenfeld ist einem ganz ausserordentlich durchfurchten und zerrissenen Gletscher nicht unähnlich.

III. Periode.

1830—1870.

Keine Zeit hat sich so eingehend mit alpinen Problemen beschäftigt als dieses Jahrhundert; heute noch stehen sie als erste Punkte auf der Tagesordnung der geographischen, vor allem der geologischen Forschung. Unter all den interessirenden Fragen stehen die, die das

Gletscherphänomen und den Aufbau und das Entstehen der Alpen betreffen, obenan.

Wie vielseitig und wie tiefgehend manche schätzenswerthe Beantwortung von Fragen über die Geographie und Geologie der Alpen vorliegt, so stehen noch viele diesbezügliche Fragen nicht beantwortet oder falsch oder halb richtig da.

Dies tritt uns so recht deutlich in der dritten Periode unserer geschichtlichen Darstellung entgegen und gewinnt den Höhepunkt in der vierten. Je tiefer und wissenschaftlicher man über das Problem der Karrenbildung nachdachte und sich darüber klar zu werden suchte, um so schroffer stellten sich zwei Anschauungsrichtungen gegenüber. Die einen Forscher schrieben und schreiben die Karrenbildung der chemischen Erosion zu, die andern der mechanischen. Das bleiben die zwei Hauptrichtungen der Erklärungsversuche unseres Phänomens, und sie zeichnen in der Hauptsache den Gang und die Weise der geschichtlichen Behandlung in den folgenden Perioden vor.

Wie kam es aber, dass in dieser Periode auf einmal so eine bestimmte Differenzirung von mechanischer und chemischer Erosion bei der Karrenbildung von den einzelnen Beobachtern angenommen wurde? Die Antwort — nach ihrem Ursprunge verfolgt — giebt uns der deutsche Gelehrte v. HOFF in seiner Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche. Er ist der erste, wenn auch weniger bekannte Träger des Gedankens, dass alle Veränderungen, die die Erdoberfläche erlitten hat, das Produkt noch gegenwärtig thätiger Kräfte sind. Leider ist das grosse Werk von HOFF's, dessen erster Band schon 1822 erschien, nicht so bekannt geworden wie die Geologie des englischen Geologen LYELL, der Epoche machte durch die schon von HOFF aufgestellte Lehre, dass alle Erdoberflächenveränderungen fortdauernd sind. Bisher glaubte man zumeist, dass er der Urheber dieses Gedankens sei; dem ist aber nicht so, wie wir durch das Vorangehende gezeigt haben; auch in der Geognosie von DELA BECHE (1834) hören wir schon von den gegenwärtigen Bildungen und fortdauernden Zerstörungen des Festlandes. Unter den fortdauernden Ursachen ist die Zerstörung durch Atmosphärien eine der

hervorragendsten, für einen Zeitverlauf zeugend, die bei weitem die gewöhnlichen Berechnungen übertrifft. DE LA BECHE sagt um die Mitte der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts, dass wohl die mechanischen Einflüsse, die Felsenstücke von den Gehängen in die Thäler fortreissen, offenbar sind, aber fast unvollkommen die chemischen Wirkungen der Luft und des Wassers auf die Gesteine. Nachdem aber LYELL aussprach: „Springs which are highly charged with calcareous matter produce a variety of phenomena of much interest in geology. It is known that rain-water collecting carbonic acid from the atmosphere has the property of dissolving the calcareous rocks over which it flows“, sich überhaupt in einem langen Abschnitt von der Entziehung mancher Bestandtheile der Gebirgsarten durch die auflösende Kraft der Kohlensäure vernehmen liess, gewann diese Ansicht bald eine ausserordentlich schnelle Verbreitung, die bei der allgemeinen Kenntniss seiner Principles of Geology kein Wunder war. Diese zersetzende Wirkung der Kohlensäure, „disengagement of free carbonic acid“ oder „disintegrating effects of carbonic acid“ spielt nun auch eine wichtige Rolle bei der Karrenbildung bis zur neuesten Zeit.

In der Schweiz war es vor allen andern ARNOLD ESCHER VON DER LINTH, der der Meinung war, dass nur chemische Auflösung, die Zersetzung des Kalksteins durch Kohlensäure die Karrenfelder geschaffen habe, und dass jedes auf Formen gut geübte Auge dies sofort erkenne. Dass ich hier ESCHER so eine entschiedene Stellung zur chemischen Erosion anweise, das verdanke ich einer freundlichen brieflichen Mittheilung eines Schülers von ESCHER, des bekannten Züricher Geologen A. HEIM. Er schreibt mir: „Der grösste Beobachter aber hat nichts publicirt!“ Wir wissen, dass A. ESCHER VON DER LINTH massenhaft Karren beobachtet hat. Besondere Lokalitäten der Beobachtung finden wir in O. HEER's trefflichen Biographie über A. ESCHER (1873) verzeichnet. Im Jahre 1840 besuchte ESCHER die Umgebungen des Vierwaldstätter Sees, um namentlich die wunderschön gelegene Terrasse von Morschach zu untersuchen, wo der Kalkstein durch prächtige

Karren ausgezeichnet ist. Karren beobachtete er ferner am Axenstein, am Sentis, er spricht mehrmals von der karrigen Oberfläche in den geologischen Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. Von ihm stammt der Vergleich der Karren mit Orgelpfeifen. Ich halte diesen Vergleich für einen nicht ganz glücklich gewählten. Es hat sich daraus hin und wieder ein Irrthum ergeben, insofern die Karren mit den geologischen Orgeln, die späterhin von NOEGGERATH sehr gut behandelt wurden, verwechselt werden.

Ganz derselben Ansicht wie A. ESCHER über die Karrenbildung durch die rein chemische Erosion des Regen- und Schneewassers sind die Gebrüder SCHLAGINTWEIT. ADOLPH SCHLAGINTWEIT rechnet die Karrenfelder in den bayrischen Alpen zu den interessanten Formen der Erosion, die durch die chemische Thätigkeit des Regenwassers an geneigten Schichten des obern Alpenkalkes oder in ebneren Thalflächen hervorgebracht werden. Von den kesselförmigen Vertiefungen und Einsenkungen, die auf den Karrenfeldern zu finden sind, sagt er: „Ihre Bildung wird hauptsächlich durch die zahlreichen Klüfte im Innern des Gebirges möglich; sie gestatten dem Regen- und Schneewasser, nachdem es den kohlensauren Kalk aufgelöst hat, einen unterirdischen Abfluss am Boden der verschiedenen Trichter.“

Die chemische Erosion durch Regen- und Schneewasser wurde erweitert durch die der Schmelzwässer der Gletscher. Als Vertreter dieser letztern Richtung steht am Ende der dritten Periode AD. SCHAUBACH. Er bringt die Karren nur mit dem Gletscherphänomen in Beziehung. Die Rundhöckeroberflächenform, die roches moutonnées, wie sie DE SAUSSURE im Vergleich mit einer Herde ruhender Schafe nannte, fand er auf dem alten Gletscherboden des Karls-Eisfeldes im Dachstein-Gebirge. Dieser Gletscherboden eines Kalkgebirges zeigt oft noch die Politur und Schraffur wie der „Boden der Kieselsteine“. Da aber die runden Karrenfurchen zumeist durch messerscharfe Schneiden getrennt sind, die Rundhöckerform aber vielfach verwischt ist, so sind die Karren eben wesentlich durch die

kohlensauren Schmelzwasser der Gletscher bewirkt worden. Auf diese Erosionsarbeit ist es hinzuführen, dass die Muschelschalen, welche aus dichter Masse bestehen und deshalb schwerer löslich über die Oberfläche heraustreten. Das ist allerdings eine Ansicht, die vor ihm schon STUDER und TSCHUDI geäußert haben.

In unserer dritten Periode treten die Anfänge von Beobachtungen über Karren im Karst auf. Sehen wir ab von der Erwähnung einer kontinuierlichen Karrenzone an der Kalkküste des Peloponnes, welche Karren wir „Brandungskarren“ nennen können, in der „Notice sur les altérations des roches calcaires du littoral de la Grèce“ (Journal de géologie 1831) von BOBLAYE, so finden wir den ersten ausführlicheren Bericht über die Karren des Karstes in dem Anhang zu SCHMIDLS Werke: Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas (1854). Dieser Anhang stammt von ZIPPE. Darin sagt er, dass der im Karste auftretende Kalk meistens licht, auch hellgrau sei; die dunklere Färbung gehört zur Ausnahme, und ganz schwarzem Kalk fehlt jegliche Anlage zur Karrenbildung. Der Kalk ist mehr oder minder deutlich geschichtet und verhält sich den Witterungseinflüssen gegenüber äusserst sonderbar. Die Gesteinsmassen sind von mannigfaltig gestalteten Kanälen zerfressen, durchbohrt. Der Boden ist oft mit einem Haufwerk von solchen durchlöcherten und angefressenen Steinen bedeckt; wo er die nackte Gebirgsmasse zeigt, da stellt sich die Karrenbildung ein, deren Beschreibung ZIPPE schon von den Jurakalken der Alpen her wusste, höchstwahrscheinlich von AGASSIZ. Ueber die eigentliche Entstehung lässt er nichts verlauten. Er bemerkt nur, dass auch bei den Karstkarren die Furchen in der Neigung des grössten Gefälles sich hinziehen, sich des öftern zur Streichungslinie der Schichten senkrecht richten. Ganz richtig hebt er dabei hervor, dass es Mühe verursacht, bei derartig zerklüftetem Gestein die Schichtung zu erkennen und von der Zerklüftung zu unterscheiden.

Bei den folgenden Forschern des Karstes, bei BOUÉ und ZITTEL, können wir etwas über die eigentliche Entstehung der Karstkarren vernehmen. BOUÉ spricht sich

im allgemeinen über die Karst- und Trichterplastik aus. Er verfolgt theoretisch die Trichterplastik vom Kleinen bis zum Grossen und sucht namentlich den Uebergang von jenen kleinen Formen zu den kleinsten der Erosion in den Karren zu ermitteln. Er vergleicht die Schrattenfelder mit einem sonderbar von Viehherden zertretenen, ausgehöhlten Boden oder mit einem sehr unregelmässigen Netzwerke, „in dem die härtern Theile das Garn und die ausgehöhlten, durch Regen- und Schneewasser herausgefressenen Theile die Maschen vorstellen würden.“ Mit dieser kurzen Bemerkung über die Karstkarren müssen wir uns bei BOUE genügen lassen, um einiges mehr bei ZITTEL zu erfahren. Er weiss uns von ausgedehnten Karrenfeldern in der Morlakei zu erzählen; sie sind die Erfolge kleiner und stetiger Kräfte, die aber gewaltige Zerstörungen hervorbringen; unter diesen Kräften ist es vor allem die Wirkung des kohlensäurehaltigen Regenwassers, das auf den nackten Stein fällt und dabei beständig kleine Partien Kalkes auflöst und mit der Zeit die bezeichnenden Karrenformen mit ihren vertieften Hohlkehlen und messerrückenartig hervortretenden Kanten aus den Kalken und Dolomiten herausarbeitet. Mithelfende Zerstörungsmittel sind die glühenden Sonnenstrahlen des Sommers und die furchtbaren Nordostwinde des Winters.

Werfen wir einen Blick auf die Gesamtbeobachtungen von ZIPPE, BOUE und ZITTEL, so gewinnen wir einmal die ersten Aufschlüsse über Karrengebilde im Karste, dann das Ergebniss, dass für die Karstkarren chemische Erosion mit Ausschluss der Wirkung von Gletscherwassern angenommen wird. Die Annahme der chemischen Erosion ist auch der Grund, warum wir die Karren des Karstes gleich an die der Alpen gereiht haben, ohne erst die wichtigsten alpinen Karrenforschungen zu berücksichtigen, die jedoch in ihrer Stellung zur Erosionsfrage in den folgenden Auseinandersetzungen als an ihrem richtigeren Platze behandelt werden sollen.

Der chemischen Erosion steht in vielen Beziehungen die mechanische gegenüber, vor allem darin, dass sie nicht bloss Gesteinsmaterialien von ihrem Grunde ablöst, sondern

sie auch weiter transportirt, ohne ihre chemische Wesenheit zu ändern, und Formen schafft, die auf die Formen der Agentien schliessen lassen.

Neben den Forschern, die für die Karrenbildung die reine chemische Erosion annehmen, giebt es solche, die daneben die mechanische gelten lassen. Das spricht sich in B. STUDER's Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie aus, dem besten Lehrbuche seiner Zeit, das auch heute noch mit grossem Nutzen gelesen wird. Für das Verstehen der STUDER'schen Darlegungen müssen wir von vornherein bemerken, dass er unter Erosion überhaupt den vereinigten Einfluss der rein mechanischen, d. h. einzig aus der Schwere hervorgehenden und der molekularen oder chemischen Wirkung auf die Zerstörung des Festen auf der Erde versteht. Das ist eine Definition der Erosion, wie sie schärfer und bestimmter nicht wieder ausgesprochen wurde; sie habe auch ich mit an die Spitze meiner Karrenbildungstheorie gestellt. STUDER unterscheidet demnach nicht bei seinen Darlegungen über die Karrenbildung die beiden Arten der Auflösung. Geringe Abweichungen in Härte und Lösbarkeit sind die Grundbedingung für eine Bildung von Rinnen, die das abträufelnde Wasser mehr und mehr zu Kanälen vertieft und erweitert. Die Zwischenwände der Schründe werden mit der Zeit schmal und scharf nach oben zulaufend, auch breite gerundete sind nicht selten. Als eine andere Bedingung für die Schrattenbildung notirt STUDER „geneigte Abhänge oder horizontale Terrassen in höhern und niedrigern Breiten“. Ihm fiel es auf, dass Muschelschalen oft einige Zoll noch über der Grundmasse hervorragen, was er einmal auf verschiedene Struktur zurückführt, das andere Mal mit NECKER auf den grösseren Widerstand des Aragonit, aus dem der Kalk der Muscheln bestehen solle. Dies alles führt ihn auf den Gedanken, dass die Karrenbildung an eine besondere Abänderung des Kalksteins oder an eigenthümliche klimatische Verhältnisse gebunden sei. Er beschränkt sich leider nur auf diese Bemerkung, ohne weitere Ausführungen darüber zu geben.

Im Grossen und Ganzen will es uns scheinen, als wenn sich STUDER ganz an die Arbeit KELLER's — die wir ganz

ausführlich noch kennen lernen werden — anlehne, nur dass er die Erosion nach der chemischen Seite des schmelzenden Schnees allein erweitert, aber ohne weitere Angabe, wie dieser Vorgang denn eigentlich statthat. Gleich KELLER nimmt er keine Gletscherwirkungen an und betont ausdrücklich wie jener das Nichtvorkommen von Karren auf den Kalkfelsen des Jura; ausserdem bringt er eine lithographische Reproduktion des kolorirten Bildes KELLER's aus dem Züricher Neujahrsblatt von 1840. Es befremdet, dass STUDER in AGASSIZ' Publikationen weiter keinen Einblick genommen hat, dann würde er gewiss das Verhältniss der Karren zum Gletscher und zu dem Vorkommen im Jura nicht unberücksichtigt gelassen haben. Diesen Uebersehungsfehler macht er erst sehr viel später gut in einer Notiz im Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs, in der er sich aber rundweg gegen AGASSIZ ausspricht. Er wendet sich hier gegen die Gletscher- und Gletscherwassertheorie, das „gutta cavat lapidem“ kann ihn nicht beruhigen. Von diesen Wassern sagt er sogar, dass ihnen die den Kalk auflösende Kohlensäure fehle. Eher könnten die Karren früher mit Torf oder Wald bedeckt gewesen sein — wie sich's ja jetzt noch vorfindet — als mit Gletschern; denn der Boden des zurückgetretenen Grindelwaldgletschers zeigt keine Spuren von Karrenbildung, wie auch nicht der Jura, „obgleich AGASSIZ es anführt“.

Es ist eigenthümlich, wie innerhalb desselben Anschauungskreises der Karrenbildung durch die stärkere Betonung irgend einer Seite der Erosion wiederum grosse Gegensätze herrschen. Verwarf STUDER die Gletscher als Faktor zur Formenbildung der Karren, so stellte sie CHARPENTIER in den Vordergrund seiner Betrachtungsweise. Für ihn sind die Karrenfurchen ein sicheres Zeichen für die alte Ausdehnung der Gletscher. Je nachdem nun das Wasser breit oder fadenförmig auf das Bett eines Gletschers, das aus einer kompakten, homogenen Masse besteht, herabstürzt, verursacht es verschiedenartig weite Klüfte. Bestimmt giebt CHARPENTIER zuerst die Bemerkung, dass der Vorgang der Karrenrinnenbildung niemals auf Granit, Quarzitschiefern oder glimmer- und talkartigen Schiefern,

fast nie auf gemengtem Kalk von Sand oder Thonerde vorkommt. Seine Stellung zur mechanischen und chemischen Erosion spricht sich deutlich aus in dem Satze: „Nous sommes donc autorisés à croire que ces excavations sont produites plutôt par voie de dissolution, que par l'action mécanique de l'eau.“

Auf CHARPENTIER beruft sich E. DESOR in seinem Gebirgsbau der Alpen. Nur mit der Ausdehnung der Karrenfelder mit der früherer Gletscher stimmt er nicht überein, die er in das Bereich der Möglichkeit stellt. Die Karren als unwiderlegliche Zeugen von ehemaliger Anwesenheit der Gletscher anzusehen, davor warnt er, da man Karrenfelder kennt, die sich sozusagen unter unsern Augen bilden; wie z. B. die in den alten römischen Steinbrüchen zu Aix in Savoyen. Wohl waren die Gletscher der Eiszeit, wie unsere jetzigen Gletscher, Schwankungen unterworfen, so dass sie zeitweilig ihr Gebiet verlassen und dann wieder einnehmen konnten. Das alles, besonders das Miteisbedecken der Alpenvorstufen, konnte nicht statthaben, ohne von bedeutenden klimatischen Veränderungen begleitet zu sein. Bei diesem interessanten Versuch, die Karrenbildung mit grossen klimatischen Veränderungen in Verbindung zu bringen, bricht DESOR ab.

Wenn wir weiter die Forschungen betrachten, wie sie sich von der chemischen Erosion mehr zur mechanischen hinneigen, so sind es die von TSCHUDI und BERLEPSCH, in denen wohl gesagt wird, dass die Karrenbildung wesentlich ein Produkt von chemischen und mechanischen Factoren sei, in denen aber thatsächlich mehr infolge der schriftlichen Darstellungsweise die mechanischen betont werden. In der Mitte unseres Jahrhunderts schrieb TSCHUDI das klassische Buch: „Das Thierleben der Alpenwelt“, das von allen derartigen Büchern die grösste Verbreitung gefunden hat. TSCHUDI, der sein Schweizerland mit seinen Eigenthümlichkeiten und Reizen kannte wie kaum ein anderer, konnte die Karrenfelder in Bezug auf das Thierleben nicht unberücksichtigt lassen. Ehe er dies näher beleuchtet, giebt er einen ausführlichen Ueberblick der Karrenfelder. Diese vergleicht er wie HIRZEL mit dem schrundigen und durch-

furchten Gletscherfelde; und da die Gestalt der Karren so verschiedenartig ist, lässt sich das ganze Phänomen schwer beschreiben. Wie HIRZEL knüpft er die Schrattenbildung an eine eigenthümliche Verwitterungsform des Kalkgesteins, „die zum Theil durch die Zusammensetzung desselben, zum Theil durch seine Lage, Schichtung und ursprüngliche Zerklüftung bedingt ist.“ Die ursprünglich völlig nackte Oberfläche der Felsen bildete eine kompakte, nur durch ihre Erhebung aus dem Schoss der Erde gekrümmte schiefe Ebene, die wohl hin und wieder zerrissen war. Diese Risse waren die „Angriffspunkte für die mechanische und chemische Zersetzung der Atmosphärentheile.“ Wir hören aus TSCHUDI'S Munde dieselbe Erklärungsweise der Karren durch die Regentropfen wie bei KELLER; er geht nicht weiter, wenn er den Angriff des Gefrierens und Aufthauens auf das Gestein mit in das Bereich der Entstehungsbedingungen zieht. Freilich ist die Form in Wahrheit nur von der Beschaffenheit des Kalksteins abhängig. Ob nun die Karrenbildung in dem stark kalk-, spath- und quarzhaltigen Greenkalk wabenartig ist, oder sich in streifen- und muschelartigen Vertiefungen und labyrinthischer Zerschlingung, Durchlöcherung, — wenn der Kalk mit Kalkspathbändern oder mit Versteinerungen und Schwefelkies durchzogen ist —, zeigt, so werden doch immer die weichen, erdartigen Kalkbestandtheile zuerst aufgeweicht, ausgespült und ausgebohrt, während die beigemengten härteren Theile, wie Kieselchen, Muschelfragmente, der Verwitterung viel länger trotzen. Ganz treffend ist das Bild: die weichen Muskeln des Bergskeletts werden vom Wasser zuerst angegriffen und entführt. Das Wasser, sei es Regen- oder Schneewasser, wird von den Karrenfurchen absorbirt oder in die nächsten Karrentrichter geführt, wo es verschluckt wird; solche Karrentrichter, die bald einen kleinen, bald einen über hundert Fuss grossen Umfang mit Abzugsloch in der grössten Tiefe, das oft in gewaltige Schächte mündet, haben, beobachtete TSCHUDI im Wäggitthal am Rädertenstock, auf der Karrenalp in Schwyz. Dies ist der Grund, dass die Grundgestelle der Karrenberge so wasserreich sind. Das Auftreten von den so-

genannten „Wind- und Wetterlöchern“ ist oft an das der Karren geknüpft.

Für die Auffassung der Karrenfelder ist es nicht ohne Bedeutung, was TSCHUDI über das Verhältniss der Karren zum Thierleben sagt. Darüber haben wir schon in der vorhergehenden Periode von SCHNYDER etwas vernommen, aber von grösserm Werth für uns ist es, für unser Phänomen auch einen speziellen Forscher des alpinen Thierlebens kennen zu lernen. Die Karren verhalten sich zu dem thierischen Leben wie die Gletscher. Beide bieten ihm keine gerechte Statt. Die weissen Kalksteine der Karrengebiete sind zu günstige Reflektoren des Sonnenlichtes; und im Sommer wird dadurch die Hitze, die kein Gewächs, keine Quelle mildert, bis zur Unerträglichkeit gesteigert. Weil sie so trostlos und schwer zu beschreiten sind, meidet sie der Wanderer, Jäger und Senne. Dieser trifft sogar Sperrvorrichtungen, damit das weidende Vieh sich nicht bei Gewitter oder Nebel in diese Flühenwüsten verirre. Wohl werden die Schrattenfelder von grössern Thieren belebt, wenigstens besucht, so von den Alpendohlen, Flühvögeln. Am öftesten lassen sich Steinhühner beobachten, die mit grosser Geschicklichkeit und Emsigkeit auf den Karrenfirsten dahinlaufen und die oft unnahbaren Schlünde als sichere Schlupfwinkel benutzen. Die Spalten sucht nicht ungern das Murmelthier auf, um seine Wohnung darein zu bauen. Wenn die Alpenfüchse sich mit Vogelfang beschäftigen, bieten ihnen die Karren im Sommer bequeme Fluchtröhren.

Aus diesen Darlegungen lässt sich wiederum erkennen, dass die Karrenfelder nicht ganz so trost- und leblos sind, als wie sie zum grössten Theile verschrieen sind. Der Schöpfer giebt auch hier noch Bedingungen für Existenzen, die dem flüchtigen Menschaugen kaum zum Bewusstsein kommen.

Es lässt sich nichts von grosser Bedeutung den Meinungen TSCHUDI's entgegenhalten, die sich in der Hauptsache mit denen von HIRZEL und KELLER decken. Nur das stimmt nicht mit jetzigen Anschauungen betreffs des Karrenphänomens überein, wenn er den deutschen Ausdruck

„Karrenfeld“ dem österreichischen „Karst“ gleichsetzt und Karren und Karst als identische Gebilde auffasst. Da wäre letztere Bezeichnung viel zu eng gefasst und nicht dem heutigen Stande der Wissenschaft über den Karst entsprechend. Es sind die Karren nicht gleich dem österreichischen Karst, wohl aber ein im Karste grossentheils auch vorkommendes Phänomen.

Fast dieselben Ansichten wie TSCHUDI reproduziert BERLEPSCH. Aus seiner Feder, der sonst wenig Originelles nachgerühmt wird, fliessen Schilderungen, die immerhin für die Alpenwelt begeistern können. Eines seiner Charakterbilder beschäftigt sich mit den Karren. Nach einer poetischen Einleitung über diese „Wüsten des Hochgebirges“ und nach einer breiten Auseinanderlegung des Aussehens der Karrenfelder und ihrer Formen geht BERLEPSCH zur Entstehung derselben über, wobei wir durchaus nichts Neues vernehmen, vielmehr auf mangelhafte Anschauung des Vorgangs der Karrenbildung stossen.

In den uns gesteckten dritten Zeitraum der Entwicklung der Auffassung über Karrenbildung müssen wir auch C. W. GÜMBEL mit hineinrechnen; obwohl er durch seine Grundzüge der Geologie chronologisch in die nächste Periode ragt, sind doch seine Hauptansichten über die Karrenfelder vor dem Jahre 1870 fundirt. GÜMBEL ist ein vortrefflicher Kenner der gesamten deutschen Alpen. Als klassisches Beispiel eines Karrenfeldes hebt er unter den Gebirgsketten und Kolossen der deutschen Alpen in der ganzen Richtung von West nach Ost das Karrenfeld unter dem Gipfel des Hohen Ifen, das Gottesackerplatt, hervor. Schon im Jahre 1856 giebt er davon eine genaue Beschreibung. Wir können uns die Wiederholung dieser Schilderung sparen, bei der uns neben Altbekanntem das als neu entgentritt, dass er oft neben den einem „Schwerttanz nicht unähnlichen“ Karrengebilden von runden brunnenförmig „ausgekesselten“ Vertiefungen spricht. Die Karrenfeldbildung ist ihm eine höchst merkwürdige Verwitterungserscheinung, „ein augenscheinliches Beispiel grossartiger Erfolge, welche durch gering wirkende Kräfte im Laufe unberechenbarer Zeiten hervorgebracht werden

können.“ Was sind das für Kräfte? — Die Atmosphärlilien, vorzüglich Regen- und Schneewasser. Durch die Einwirkungen des Wassers werden hier mächtige Massen des weichern und erweichten Gesteins fortgeführt, festere Gesteinsmassen aber unterhöhlt und zum Abstürzen oder Zusammenbruch veranlasst. Die Furchen entstehen am liebsten auf einer horizontal ausgebreiteten, unbedeckten, plattenförmigen Kalkfläche, sie verlaufen neben und in einander, nur selten zu einem grössern Thaleinschnitte sich vereinigend. Für die Wirkung der Regen- und Schneewasser bei der Karrenbildung wendet GÜMBEL einen Vergleich an, wie er in der ganzen Karrenlitteratur nicht wiederkehrt, nämlich mit jener des Regen- und Thauwetters an einer Eiskruste, die etwa über einem sich ein klein wenig senkenden Abhange, der Lage des Schrattenkalkes entsprechend, ausgebreitet ist. „Es erscheinen im Kalke dieselben Arten (und Formen) der Rinnen und Furchen, welche sich an dem zerklüfteten Eise zu Spalten erweitern, dieselben scharfen Schneiden und Spitzen, zu welchen das Eis sich auszackt, dieselbe Kannelirung der abfallenden Wände, welche wir auf Klüften des Eises in analoger Form wiederfinden.“ So sind die Wirkungen in ihrer äussern Erscheinung fast die nämlichen, während nur Stoff und Zeit andere sind. Die Beziehungen der Karren zu Gletschern erwähnt GÜMBEL gar nicht. Dem Regen misst er die grösste Wirkung bei der Karrenbildung zu, darauf hinzeigend, wie der aus dem Wasserdampf erzeugte Regen mit Heftigkeit auf die Erde fällt und eine mechanische Wirkung ausübt, „die sich allerdings nur schwierig von jener der durch die Vereinigung der Regentropfen entstehenden, ersten kleinen ab rinnenden Wasserfäden abgrenzen lässt.“ Das ist's eben! Die Regenfurche, die erste Rinne des abfliessenden Wassers, spielt bei ihm eine grosse Rolle, überhaupt schon der Regentropfen an und für sich.

Die Darlegungen GÜMBEL's machen den Eindruck, als ob er darin schon ganz und gar die mechanische Erosion für die Schrattenbildung verantwortlich mache, die nun bei den folgenden Autoren als einzig massgebender Faktor

für den ganzen Vorgang hingestellt wird. Und so gewinnen wir mit GÜMBEL's Ansichten den Uebergang zu denjenigen, die durch ihre einseitige Hervorhebung der mechanischen Erosion in einem eignen und zugleich in dem letzten Abschnitt dieser Periode behandelt werden sollen.

Das Bedeutendste, was in der ersten Hälfte unsers Jahrhunderts in Betreff der Auffassung des Karrenphänomens geleistet worden ist, finden wir in dem sogenannten Zürcher Neujahrsblatt vom Jahre 1840 als Bemerkungen über die Karren oder Schratten (romanisch Lapies) in den Kalkgebirgen. Dieser Aufsatz ist anonym erschienen; als Verfasser desselben vermuthen viele den Botaniker O. HEER, während wir ihn durch eine zufällige Notiz bei AGASSIZ als den in unsrer Arbeit schon einige Mal genannten FERDINAND KELLER ermittelten.¹⁾ KELLER's Hauptverdienst um die Entwicklung der Auffassung der Karrenfelder beruht wohl unstreitig darin, dass er den eigenthümlichen komplizirten Charakter unsers Problems erkannte, wenn er die Formen ansah, die wunderbare Einfachheit, wenn er die Formen auf ihren Bildner untersuchte.

Die ersten ins Auge springenden Punkte der KELLER'schen Abhandlung — der ersten für sich bestehenden wissenschaftlichen Monographie unsers Phänomens — sind, dass die Karren keine den Gebirgen der Schweiz eigenthümliche Erscheinung sind, sich aber in der Alpenkette wegen der Höhe und der daher rührenden Kahlheit der Gebirge ausgebildeter als irgendwo anders zeigen, dass sie an keinen Kalkstein ausschliesslich gebunden sind und ihre Ausprägung in verschiedenem Masse sowohl in den ältern als in den jüngsten Formationen des Kalkes, am deutlichsten im Hippuritenkalk, finden.

Als eigenthümlich neuer Gesichtspunkt in der Auffassung der Karren, der bei spätern Forschern nicht wiederkehrt, ist KELLER's Versuch zu nennen, die Schratten zu klassi-

¹⁾ In einer Randnote auf Seite 582 des *Système Glaciaire* (1847) von AGASSIZ heisst es: Il existe un Mémoire spécial sur les „Karren“, de M. FERDINAND KELLER, intitulé: „Bemerkungen über die Karren oder Schratten romanisch Lapiaz in den Kalkgebirgen.“ Zürich 1840.

fiziren. Die Formen waren es, die ihm zur Spezialisirung geeignet erschienen. Die Vergleichen der an verschiedenen Orten vorkommenden Karren lässt dem Auge auf jedem Schrattenfelde, das sich anfänglich als ein Chaos von Gräten und Spalten darstellt, fünf am häufigsten wiederkehrende Verwitterungsformen herausfinden.

Bei der Entstehung der ersten Hauptform setzt KELLER einen nackten Kalkfelsen voraus, dessen Oberfläche sich unter einem geringen Winkel abdacht. Auf eine gewisse Stelle der Oberfläche fällt ein erster Regentropfen; dieser irrt, durch seine Schwere nach der Tiefe gezogen, über jene hinweg, indem er dabei, jede Erhöhung umgehend und jeder Vertiefung zueilend, einen unendlich kleinen Theil des Steines wegführt; ein zweiter, ein dritter und alle nachher folgenden Tropfen verfolgen die Bahn des erstern mit derselben mechanischen Kraftleistung. Finden sich Spalten vor, so ist dem Wasser das Eindringen in die Felsen und das Zersägen dieser erleichtert. Viele kleine Einschnitte vereinigen sich im Laufe der Zeit und bilden einen fortgesetzten „Runs.“ Das Gefrieren des Wassers während der Herbst- und Frühlingszeit trägt nicht unwesentlich zur Tieferlegung und Erweiterung der Rinne bei. Die Schrattenklüfte können in vertikaler und schiefer Richtung auftreten je nach der Stellung der Absonderungsflächen der Kalksteinschichten. An der Hand von drei gezeichneten Durchschnitten erklärt KELLER die Entstehung dieser bei weitem gewöhnlichsten Karrenart. Er nimmt eine Karrenfläche an, in die die Regentropfen Rinnen gefurcht haben. Da aber die Regentropfen auch von der Seite angreifen, werden die scharfen Kanten zerstört, und die anfangs schroff abfallende obere Fläche wird abgerundet. Diese geht nach und nach in einen keilartig zulaufenden, an Schärfe der Schneide eines Messers gleichkommenden Grat entgegen. Bei den freistehenden Blöcken kommen die Karren sowohl an den Seiten als auch an der Oberfläche vor. Dies ist bei den Kalksteinen zu beobachten, die infolge der Zusammensetzung in kleine Massen zerbrechen und doch eine gewisse Härte besitzen, so dass die Rinnen auf ihnen kreuz und quer durch-

einander laufen und nicht selten Quadrate oder Rauten umschliessen.

Die zweite Karrenform hat ihren Ursprung mit der ersten gemein. „Sie findet sich häufig in solchem Gestein, dessen Absonderungsspalten stellenweise mit härtern und weichern Substanzen, als der Kalk ist, z. B. mit erdigen Stoffen, und wieder mit Kalkspath angefüllt sind.“ Die weichere Materie wird von dem atmosphärischen Wasser ausgespült, und es entsteht ein Loch. Am besten geht die Bildung dieser Höhlen vor sich, wo zwei Gesteinsabsonderungen sich quer durchschneiden, und die anfänglich kreuzförmige Höhlung wird mit der Zeit eine rundliche.

Die beiden ersten Formen sind noch wesentlich durch die Absonderungen und Zerklüftungen des Gesteins bedingt, was bei der dritten Form nicht der Fall ist. Sie schreibt KELLER lediglich der Einwirkung des fliessenden Wassers zu. Unregelmässig verbreitete kleine Sprünge begünstigen die Bildung dieser Schratten. Wie die vierte Karrenform sind sie an der Abdachung grosser „Schrattenriffe“ zu beobachten, nicht selten da, wo das Wasser die Gesteinsabsonderungen durchquert. Als massgebender Unterschied dieser Karrenformen zu den beiden ersten wird das geradlinige Zulaufen und das beträchtliche kreisförmige Erweitern nach der Tiefe hervorgehoben. Der Grund der Erweiterung des Rinnbettes ist in dem herabfliessenden Wasser zu suchen, das auch seitwärts seine Kräfte äussert und infolgedessen die Löcher hervorbringt, die man an den Seiten der Scheidewände oft bemerkt. Diesem Umstand ist es zuzuschreiben, dass die Seitenwände zum Sturz gebracht werden, und die abgebrochenen Stücke die Form von Schwertern, Lanzetten, rundlichten und vieleckigen Scheiben haben. Den Ausdruck „Karrensteine“ gebraucht aber KELLER nicht für diese Gebilde.

Die vierte Karrenform bildet sich gleichfalls meist am Grate oder an der Abdachung schon ausgebildeter Karrenwände. „Sie zeigt sich als eine Reihe von Kanälchen oder Hohlkehlen, die sich in ihrem Fortgange nicht erweitern, sondern stets mit einander parallel der Tiefe zulaufen.“ KELLER erklärt die Entstehung dieser merk-

würdigen Rinnen dahin, dass er eine aufwärts gerichtete Karrenkante annimmt; darauf widersteht irgendwo ein kleiner Gegenstand, etwa ein Muschelfragment oder ein Kieselchen, das härter als Kalk ist, der Zerstörung, während die ihn umgebenden weichern Bestandtheile erniedrigt werden. Von dem erhöhten Punkte aus entwickelt sich, nach allen Seiten sich verbreitend, ein System von rinnenartigen Vertiefungen. Mit der Entstehung des ersten und zweiten Rinnenbettes ist auch bereits ein drittes und viertes entstanden, indem der ersten Hervorragung gegenüber sich rechts und links als entgegengesetzte Ufer der Gräben neue Vorsprünge erheben müssen, wobei die Härte oder Weichheit des Steines gleichgiltig ist. Da der auffallende Regentropfen eine mehr „rundlichte“ oder „länglichte“ Figur je nach der Neigung der Fläche beschreibt, so ist die Weite der Rinne durch den zerplatzten Regentropfen bedingt. Am günstigsten scheint für das Entstehen dieser kleinen Karren ein Neigungswinkel von 60 bis 65° zu sein; sie verschwinden bei einer senkrechten oder vertikalen Lage der Gesteinsfläche. — Diese Karrenform in einer etwas veränderten Gestalt kommt bei dem härtern, mehr Kalkspath und Quarztheile enthaltenden Greenkalk vor. Die weichern Theile werden wohl an den Ecken und Kanten des Gesteins durch den Regen herausgespült, aber nicht die härtern; infolgedessen bilden sich durch Kalkspathäderchen von einander getrennte Grübchen von unregelmässiger Gestalt, die von den Hirten „Steinwaben“ genannt werden. Dazu müssen wir bemerken, wie sich hier wieder das trefflich Charakterisirende der Bezeichnung eines Naturgegenstandes, zuweilen auch eines Naturvorganges durch den Volksmund offenbart; denn die Steinwaben gleichen den Oeffnungen der Honigwaben.

Die fünfte Art von Karren sind Auswaschungen, die entweder den Sprüngen des Gesteins oder den weichern Stellen folgen. Sie verdanken ihren Ursprung „bald den kleinern Spalten, die regellos das Gestein durchziehen und entweder beim Austrocknen des Kalkes oder beim Bruche der Schichten des Minerals durch Erderschütterungen und Erhebungen entstanden sind, bald dem Umstande, dass

fast aller Kalk, besonders der Versteinerungen in sich schliessende aus einer Mischung härterer und weicherer Theile besteht.“ Die Aushöhlungen, die dem Felsen ein von Würmern zerfressenes Aussehen geben, sind verschieden gross, oft aber nicht grösser als die in den Figuren dargestellten.

Als aufmerksamer Beobachter hebt KELLER die verwitterten Karrengräte hervor, die bei Brunnen am Fuss der Fronalp im Kanton Schwyz und bei Severn am Urmiberge aus dem Rasen hervorstehen. Da diese Karren in der subalpinen Region vorkommen und mit einer dicken Humusschicht bedeckt sind und an einem Orte sich befinden, wo zu keiner historischen Zeit der Fels dem Einflusse des atmosphärischen Wassers bloss gelegen hat, wird er zu der Annahme geführt, dass sie sogleich nach dem Entstehen der Kalkgebirge ihren Anfang genommen haben, wo noch dessen ganze Oberfläche den zerstörenden Wassereinflüssen preisgegeben war. Er wird sogar zu dem Wahrscheinlichkeitsschlusse gebracht: „Es möchten einige Karren älter sein als die gegenwärtige Lage der Kalkbänke.“ An eine glaziale Erosion denkt er nicht. — Am Schlusse seiner ausgezeichneten Abhandlung beleuchtet KELLER das Verhältniss der Karrenfelder zu den Quellen, wie vor ihm schon HIRZEL, später TSCHUDI und RATZEL gethan haben. Die Schrattenfelder zeigen einen gänzlichen Mangel an Quellen, dagegen sprudeln am Fusse der Karrenberge sowohl regelmässige als periodische, die oft eine ausserordentliche Wasserfülle haben, hervor. An einigen Beispielen weist er seine Behauptung nach, so unter allen an der Quelle des Hundsbaches im Wäggethale (Kanton Schwyz). Diese Quelle steht in direkter Verbindung mit der Oberfläche der Erde, wie die Temperatur derselben zur Zeit der Schneeschmelze es nachweist; „sie erhebt sich nämlich alsdann 1° bis 2° über Null, während die in gleicher Höhe in diesem Thale hervortretenden Quellen um 5° bis 6° wärmer sind.“ Den Karren wird hier eine Eigenthümlichkeit zugeschrieben, die des öfters in Kalkgebirgsgebieten zu beobachten ist und gewiss auch einmal einer längern ausführlicheren Würdigung, gegründet

auf sorgfältigste Messungen und Untersuchungen an verschiedenen Gebirgen, werth ist. Ganz vorübergehend erwähnt KELLER noch, dass man auch die Oeffnung bei Windlöchern, obwohl sie selten auf den Karrenbergen sind, als Karrenspalten zu betrachten hat.

Beachtung verdient KELLER auch insofern, als er die kraterartigen Vertiefungen, womit er Dolinen ähnliche Bildungen meint, für eine nothwendige Folge der sich vergrößernden Karrenschächte hält. Finden wir da nicht die erste Ahnung der Auffassung der Dolinenbildung des Alpengeologen von MOJSISOVICS? Der erblickt im Gegensatz zu TIETZE's Einbruchstheorie in dem Entstehen des Dolinenphänomens nur eine besondere, durch tektonische Vorgänge begünstigte Form der atmosphärischen Erosion.*) Diese Ansicht wird neuester Zeit in ähnlicher Weise von C. HASSERT entschieden vertreten.

Die sichtende Wiedergabe der Ansichten KELLER's zeigt, dass er die Karrenbildung als einen mechanischen Verwitterungsvorgang des Regenwassers auffasst. Wohl erwähnt er die chemische Erosion, aber im Vergleich zu den augenscheinlichen und greifbaren Kraftäusserungen der mechanischen gilt ihm jene sozusagen nichts, darauf hinweisend, wie fortgesetzter Stoss und Schlag und fortgesetzte Reibung des Wassers und aller tropfbar flüssigen Körper auf noch viel härtere Substanzen als Kalk ist Eindrücke hervorbringt.

Der mechanische Vorgang bei der Karrenbildung ist kaum wieder so gut darzustellen versucht worden als

*) E. v. MOJSISOVICS: „Zur Geologie der Karsterscheinungen.“ Z. d. D. u. Ö. A.-V. XI. 1880. S. 111—116 und: „Grundlinien der Geologie von Bosnien-Hercegovina. I. West-Bosnien und Türkisch Croatien“, S. 44—46 u. 60, 61. „Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien.“ Wien 1879.

E. TIETZE: „Geologische Darstellung der Gegend zwischen Carlstadt in Croatien und dem nördlichen Theile des Kanals der Morlacca etc.“ Jahrb. der G. R.-A. XXIII. 1873. S. 27—70; ferner: „Zur Geologie der Karsterscheinungen“, ibid. XXX. 1880. S. 729—759; und „Geologische Uebersicht von Montenegro“, ibid. XXXIV. 1884. S. 30 ff.

durch KELLER; nur leidet er an dem Fehler, dass er bei seiner mechanischen Entstehungstheorie sein Auge für andere Faktoren bei der Karrenbildung verschlossen hat, die unbedingt mit thätig sind und zu einer vollständigen Erklärung unsers morphologischen Problems unerlässlich sind. Auch kann ich mich nicht für seine Klassifikation von „fünf Karrentypen“ erwärmen. Es ist überhaupt unmöglich, einzelne Karrentypen bestimmt hervorzuheben, da es schier eine unzählige Menge Uebergangsformen giebt zwischen den fünf von KELLER angenommenen Karrentypen, und da es eben nur alles Uebergangsformen sind von einer Niveauveränderung und -Verlegung zu einer tiefern der Gebirgsoberfläche, so fallen zuletzt die meisten der KELLER'schen Typen zusammen. Nur die dorische Kannelirung ist eine aus den meisten andern sich hervorhebende Form, die ich aber unter die sekundären Formen eines Karrenfeldes rechne.

Ist KELLER in seinen Auseinanderlegungen trotz der Klassifikation der Karren einseitig, indem er unter anderm auch nur den senkrechten Fall des Regentropfens annimmt, so müssen wir ihm in vielen Punkten beistimmen und können nicht umhin, seine scharfe Beobachtungsgabe für die kleinsten Vorgänge in dem gewaltigen Bereiche der Naturerscheinungen zu bewundern.

Wie wir innerhalb der Richtung der Anhänger der chemischen Erosion bedeutende Gegensätze wahrnehmen, so müssen wir auch innerhalb der Richtung, die die mechanische Wirkung bei der Karrenbildung vertritt, grosse Gegensätze konstatiren. Der Gegensatz wird nicht grösser ausgedrückt als durch die Namen KELLER und AGASSIZ.

In demselben Jahre (1840), in dem KELLER seine Karrenmonographie schrieb, erschienen die *Etudes sur les glaciers* von AGASSIZ. Darin finden wir in der Hauptsache eine Erweiterung der von ihm 1837 formulirten Gletschertheorie. Auf Reisen in Savoyen, Wallis und im Berner Oberland unternahm AGASSIZ seine Studien über Gletscher. Dabei erregten die Karrenfelder wegen ihrer eigenthümlichen Bildungsweise seine Aufmerksamkeit, und seine Ansichten

hierüber hat er ebenfalls in seinem Gletscherbuche niedergelegt.

Ihm ist das Auftreten von Karren eine willkommene Gelegenheit, um sie für unwiderlegliche Beweise der frühern Existenz von Gletschern an andern Orten hinzustellen. Er weist auf die gut ausgebildeten Karren einer kleinen isolierten Kuppe, des Kirchets bei Meyringen, hin. Die Kuppe ist steilwandig und ihre bis 35 m breite Gipfelfläche zeigt die von Karren durchfurchten Blöcke. „Il est impossible que sur une aussi petite surface les eaux atmosphériques aient jamais donné lieu au moindre petit filet d'eau. Le phénomène de pareils sillons, dans une localité semblable, suffirait par conséquent pour démontrer qu'un glacier a jadis recouvert ce monticule, et que ce sont ses cascades qui ont occasionné ces lapiaz, alors même que les parois du monticule ne seraient pas aussi polies qu'elles le sont, et que sa surface ne serait pas recouverte de blocs de granit gisant sur un fond calcaire.“ AGASSIZ nimmt weder eine Einwirkung des atmosphärischen Wassers an, noch die eines mit Säure geschwängerten Wassers, da er nicht überzeugt werden kann, wie solch „gesäuertes Karrenwasser“ gerade auf solche, oft sehr kleine und isolirte Orte vom Himmel herabfallen soll und nicht auf andere nahe Stellen der Umgegend. — Ihm gelten als weitere Beweise für die Existenz eines ehemaligen Gletschers die von alten Wasserfällen herrührenden Löcher, „creux d'anciennes cascades.“ Solche Löcher entstehen durch Wasserfälle, die von Eiswänden eingeschlossen durch den Gletscher hinabstürzen und eine ebensolche Wirkung erzielen wie die, die an Felswänden herabfallen.

Bei der Annahme einer Eiszeit konnte AGASSIZ der Gedanke nicht so fern liegen, sie nicht bloss auf die eigentlichen Alpen, sondern auch auf weitere Gebiete auszudehnen. Und was konnte da näher liegen als den Spuren einer Eiszeit im Jura nachzuspüren! Diese Spuren fand AGASSIZ in Karrenbildungen, die KELLER in seinen Untersuchungen von vornherein ausschloss. AGASSIZ sagt, dass die Karren an vielen Stellen im Jura zu finden sind, und zwar dort, wo die atmosphärischen Niederschläge un-

möglich eine derartige Rinnenbildung hätten ausschürfen können, wo nur zwischen Wänden, d. h. Eiswänden, Eis-ufeln, eingedämmte Bächlein die Runsen hervorbringen konnten, und oft da, wo das Bodenrelief an sich schon ihnen ungünstig sein musste. Jurakarren begegnete er bei Chatillon oberhalb Bevaix, an dem Abhang von Bötzingen, neben der Strasse von Biel nach Sonceboz und auf dem Gipfel des Marchairu im waadtländischen Jura. AGASSIZ vergisst nicht zu bemerken, dass sich in den Spalten der Jurakarren ziemlich häufig Gerölle alpinen Ursprungs befinden. Die sichtbaren Unterschiede zwischen den „alpinischen und jurassischen Karren“ bestehen in der orographischen Verschiedenheit beider Gebirgssysteme. „Dans le Jura, on les observe sur des surfaces étendues, tandis que, dans les Alpes, elles se voient généralement sur des roches plus ou moins accidentées.“

Mit den Karren bringt AGASSIZ gewisse trichterförmige Vertiefungen — es sind wohl ähnliche Gebilde, wie sie KELLER auch beobachtet hat — in Verbindung mit gleichförmig ausgehöhlten Wänden und mit einer mehr oder minder grossen vertikalen Vertiefung. Sie alle sind nach seiner Meinung auf Ausspülungen von Wasserfällen zwischen den Gletscherspalten zurückzuführen. Das sind Vorgänge, die sich heutzutage noch beobachten lassen. Dass diese trichterförmigen Ausspülungen an Karren gebunden sind, ist für AGASSIZ ein schwerwiegender Grund seiner Entstehungserklärung. Neben den stürzenden Wasserfällen in den Spalten des Eises nagen die unter dem Gletscher fliessenden Gewässer die Karren und Wasserlöcher aus. Den letztern Gedanken rückt AGASSIZ bei der Karrenbildung noch einmal in den Vordergrund in seinem Werke *Système glaciaire*, das die Frucht fortgesetzter Studien in Begleitung der Forscher GUYOT und DESOR war.

AGASSIZ' Untersuchungsresultate basiren auf der alleinigen Annahme einer Gletschererosion, also eines mechanischen Vorgangs. Gewiss ist es nicht unmöglich, dass der Gletscher — besser gesagt — die Gletscherbäche und -Flüsse, die durch die Gletscherspalten stürzen und auf dem Gletscherboden fliessen, vereinzelte karrenähnliche

Gebilde erzeugen, aber sie für die Gestaltung eines ganzen Karrenfeldes verantwortlich zu machen, erscheint mir unzulässig.

Wie KELLER's Ansichten von Einseitigkeit beherrscht sind, so sind die von AGASSIZ ebenso nach ihrer Art einseitig. Aber beide bezeichnen das Fundamentalste in der Auffassung der Karrenfelder; was auch später, in der letzten Periode noch geleistet worden ist, es bedeutet lange nicht einen solchen Fortschritt und arbeitet mehr oder weniger in den Anschauungskreisen KELLER's und AGASSIZ', die merkwürdiger Weise fast ganz vergessen zu sein schienen.

Wir wollen nicht verfehlen, in der dritten Periode noch den durch seine Reisebücher in der Mitte unseres Jahrhunderts ein ziemliches Ansehen geniessenden J. G. KOHL ins Auge zu fassen. In seinen Alpenreisen spricht er über Karrenfelder und deren Entstehung. Darüber ist er ganz der Meinung wie AGASSIZ, nur dehnt er nicht wie dieser die Karren auf den Jura aus. Wir können die Wiedergabe seiner Ansichten ersparen, da sie nichts Neues enthalten.

In dem Rahmen der dritten Periode haben wir den Gang der Behandlung, wie er durch die Zeit vorgeschrieben ist, verlassen. Es erwächst dadurch augenscheinlich für die geschichtliche Darstellung ein Nachteil, der aber zum Vorteil durch eine infolge kritischer Sichtung gruppierende und komperative Methode geworden ist, durch die wir uns in diesem gegensatzreichen Zeitraume leiten liessen. Auf die Gegensätze haben wir ausführlich innerhalb unserer Auseinandersetzung hingewiesen, und uns bleibt nur noch übrig, die Grundlinien dieser Periode zusammenzufassen.

Die Ansichten, dass die Karrenbildung nur der chemischen Wirkung zu verdanken sei, vertreten ESCHER, SCHLAGINTWEIT, SCHAUBACH, ZIPPE, BOUE und ZITTEL (die letzteren drei bei den Karstkarren). Vertreter der reinen mechanischen Erosion sind KELLER, AGASSIZ, KOHL. Eine Geltendmachung beider Erosionsarten bei dem Entstehen der Karrenfelder finden wir bei STUDER, CHARPENTIER, DESOR, TSCHUDI und im geringeren Maasse bei GÜMBEL. Gruppieren wir diese

Forscher nach ihren Ansichten in Bezug auf die Wirkungsmittel, so beanspruchen ESCHER, die Gebrüder SCHLAGINTWEIT, ZIPPE, BOUE, ZITTEL, STUDER, DESOR, TSCHUDI, BERLEPSCH, GÜMBEL und KELLER die Atmosphärien als Faktoren, während AGASSIZ, CHARPENTIER, KOHL und SCHAUBACH die Gletscher. Die Anhänger der Gletschererosion betrachten die Karrenbildung zumeist als einen abgeschlossenen Vorgang, die der Erosion durch Regen- und Schneewasser mehr als einen fortdauernden. Eine Erweiterung der Zerstörungsmittel finden wir bei ZITTEL, der ausser den bekannten die glühenden Sonnenstrahlen des Sommers und die Nordostwinde des Winters ins Feld führt; er bezeichnet auch die ersten Vorkommnisse von Karren im Dolomit. STUDER steht schroff mit der Behauptung da, dass die Gletscher- und Regenwasser keine kalkauflösende Kohlensäure führen, worauf nach seiner Bemerkung schon CHARPENTIER hingedeutet haben soll. Ich glaube, dass hier ein Irrthum bei ihm vorliegt, und er CHARPENTIER mit AGASSIZ verwechselt, der ein mit Säure geschwängertes Wasser bei der Karrenbildung verworfen hat. — Karrentrichter und ausgekesselte Vertiefung auf Schrattenfeldern beobachteten zu wiederholten Malen KELLER, AGASSIZ, TSCHUDI und GÜMBEL.

IV. Periode.

1870--1895.

In der dritten Periode bestimmten die verschiedenen Richtungen den Gang der Behandlung. Diese verschiedenen Richtungen bleiben bestehen bis zur Gegenwart und sind noch keinem Ausgleich entgegen gegangen. Die vierte und letzte Periode zeichnet sich von den vorhergehenden dadurch aus, dass man der Verbreitung der Karren eine grössere Aufmerksamkeit schenkt. Die örtliche Verbreitung und eo ipso die Entstehung durch irgend eine Art Erosion bilden die Krystallisationspunkte, an die sich die ver-

schiedenen Auffassungen über die Karrenfelder wie Strahlen ansetzen. Der erstere Punkt tritt jetzt so in den Vordergrund, dass wir uns durch ihn für die Folge der Auseinanderlegungen haben bestimmen lassen. Die Forschungen, denen wir jetzt begegnen, stehen selbstständig denjenigen der vergangenen Zeiträume gegenüber und nehmen oft vortheilhaft unter sich Beziehungen. Wie wir aber auf S. 366 [46] bemerkten, sind fast alle wichtigeren Grundanschauungen in den vergangenen Perioden schon vertreten, mehr als jetzige Beobachter ahnten, die verschiedenes Neue selbstständig entdeckten, was schon entdeckt war. So stehen wir diesen Forschungen in dem letzten Zeitraum wohl als neuen für die abgegrenzte Zeit gegenüber, aber in dem Gang der Geschichte der Darstellung der Auffassung der Karrenfelder müssen wir sie zum grössten Theil als Vertiefungen und Erweiterungen früherer Ansichten betrachten, was ja im Grunde genommen die logische Folge von That-sachen ist, die wir Entwicklung nennen.

Eine Schwierigkeit begegnet uns gleich am Anfang der letzten Periode, nämlich die geschichtliche Stellung SIMONY's. Durch seine erste Publikationen gehört er unstreitig zu den Vertretern der dritten Periode; warum haben wir ihn da nicht erwähnt? — Könnte man sich schon damit entschuldigen, dass der Thaten und Leistungen Impulse in vorangegangenen Zeiten wurzeln, so glauben wir doch uns vollständig zu rechtfertigen, wenn wir bei seiner jetzigen Berücksichtigung hervorheben, dass seine Hauptwerke, in denen er mehr oder weniger auf Karren zu sprechen kommt, nach dem Jahre 1870 zu verzeichnen sind, und er sich gegenwärtig noch mit unserm Problem beschäftigt und sich neuern Untersuchungsergebnissen angeschlossen hat. Da SIMONY mehr denn fünfzig Jahre das Karrenphänomen beobachtet hat, so haben wir seine Aufzeichnungen besonders zu beachten. Mit ihm wollen wir auch unsere Untersuchungen in dieser Periode beginnen.

In demselben Jahrzehnt, in dem die besten Veröffentlichungen des vorherbehandelten Zeitraumes über die Karren ans Tageslicht traten, erschien der erste Bericht über solche von dem Altmeister der Wiener Geographen und Geologen,

VON FRIEDRICH SIMONY. Nicht bloss mit einer scharfen Beobachtungs-, sondern auch mit einer künstlerischen Auffassungsgabe ausgerüstet, unternahm er seine Schrattenstudien auf dem zu diesem Zwecke bevorzugten Dachstein- und Prielstocke.

Folgen wir seinen Beobachtungen und Resultaten etwas eingehender! — Die einfachsten Karrenformen sind in steil abfallenden Felsflächen zu finden und bilden unter sich und mit der Falllinie der Fläche parallele, halbrund ausgehöhlte Rinnen, die durch schneidige oder gekammte oder auch wieder abgerundete Karrenrippen von einander getrennt sind. Auf wenig geneigten Flächen wird die Karrengestalt eine zusammengesetztere; die Rinnen vertiefen sich wesentlich und sind mehrfach gewunden. In den regelmässig abgerundeten Formen sind sich alle Karren gleich.

Von einer Höhe von 3000 Fuss an lassen sich die Schratten am besten beobachten, unter dieser Grenze auch in durch Schutt, Erde und Waldvegetation bedecktem Boden, über 5000' nehmen ihre Dimensionsverhältnisse schon wieder ab, um bei einer Höhe von 7500' ganz zu verschwinden. Ausser in Karen und abwärtsführenden thalförmigen Weitungen der Gebirgsoberfläche zeigen sie sich auf erhöhten, freistehenden, von dem angrenzenden Terrain ganz unabhängigen Plateaus, Köpfen oder Rücken.

Wie denkt sich SIMONY die Karren entstanden? — Diese Frage beantwortet er zunächst negativ in dreierlei Beziehungen:

Aus dem Umstande, dass die Karren immer nur innerhalb gewisser Grenzen auf dem Gebirgsterrain vorkommen, ergiebt sich, dass sie weder durch Regenwasser noch durch die Schmelzwasser des jährlichen Winterschnees entstanden, weil sonst diese Hohlformen bei gleichem Gestein überall hervorgebracht werden müssten, wo Regen und Schnee in gleicher Menge niederfallen.

Quell- und andere zusammenfliessende Sammelwasser können auch nicht die Karren geschaffen haben, weil letztere an Stellen oft vorkommen, wo die Existenz der erstern völlig ausgeschlossen ist.

Grosse fliessende Gebirgswässer, Wasserfälle, Wildbäche können auch nicht angenommen werden für die Karrenbildung, da diese sich oft auf Flächen zeigen, wo jene gar nicht wirken konnten.

Aus all diesen negativen Thatsachen zieht SIMONY das positive Resultat, dass die Karren durch die Wirkung von Schmelzwässern einstmaliger weitausgedehnter Gletscher entstanden sind. Zu dieser Schlussfolgerung wurde er durch Beobachtungen geführt, die AGASSIZ schon gemacht hatte. Dessen Ansichten kannte SIMONY und sie scheinen seine vielfach beeinflusst zu haben. Eine Erweiterung finden wir in den schuttführenden Wässern des Gletschers. — Die Gletscheroberfläche ist in Klüfte zerrissen, die meistens bis zur Tiefe reichen. Durch die Klüfte stürzen sich bald grössere, bald kleinere Wassermassen und höhlen den Felsboden mit Hilfe des theils von ihnen mitgeführten, theils bereits unten befindlichen Schuttes mannigfaltig aus. Die Schmelzwasser, die am Boden, unter dem Eise ihren Weg suchen und von einem höhern Gletscherterrain kommen, geben, indem sie ein wirksames Schleifmaterial in kleinen Rollstücken, Sand und feinem Steinmehl mitbringen, dem Boden eigenthümlich ausgehöhlte Formen. Diese Hohlformen entsprechen den Gestalten der Karrenfelder. Da die Gletscher infolge der Gestaltung der Unterlage fast alljährlich immer an denselben Stellen in gleicher Weise zerklüften, so ist mit der Annahme einer langen Zeit vollständig die Entstehung jener grossartigen Hohlformen, wie sie die Karrenfelder darbieten, erklärlich. Jedwede Karrenbildung ist auf diese Ursache zurückzuführen. Als entscheidend nimmt SIMONY für seine Theorie noch das Vorkommen der sogenannten Riesentöpfe oder Karrenbrunnen an, die nur durch mechanische Einwirkung der Schmelzwasser einstiger das Karrenterrain hoch überragender Gletscher entstanden sein konnten und ganz ausser dem Bereiche eines gewöhnlichen Wassersturzes liegen, wie z. B. der Karrenbrunnen in der Wies auf dem Dachstein.

Diese Betrachtungen führten SIMONY zur Annahme, dass die Karren sehr hohen Alters sind, dass ihre Bildung

überhaupt der vorgeschichtlichen Zeit angehört. Seine positiven Resultate hierüber, die sich den negativen auf Seite 369 und 370 zur Seite stellen, lassen sich zu dreien zusammenfassen:

Die Karren haben eine beschränkte Verbreitung, da sie ohne Ausnahme innerhalb gewisser Grenzen auf den Kalkgebirgen zu finden sind; sie würden aber überall vorkommen, wenn sie von Schnee- und Regenwassern herührten.

Die Karren sind oft hoch mit Humus und Schutt bedeckt; die Humusdecke selbst ist der Boden einer üppigen Vegetation.

Wenn durch eine bestimmte Rinne immer Wasser fliesst, so zeigt sie keine andern Raumverhältnisse als die benachbarte trockene Rinne; höchstens ist auf dem runden Boden wieder eine kleine Rinne ausgehöhlt, die aber im untergeordneten Verhältnis zur grossen steht; beispielsweise wie 1 : 50. (Lehrreiche Beispiele solcher Art fand SIMONY am Krippenstein, in den Brunngräben, im sogenannten Schnalz nächst der Wieselpe.)

SIMONY's Ansichten finden wir öfters bis in sein glückliches Alter vertreten. Die spätern Untersuchungen zeigen die gleiche jugendliche Begeisterung wie die seiner wissenschaftlichen Jugendjahre, dieselbe Liebe zu den beobachteten Objekten, das geschärfte Auge für die kleinsten Naturerscheinungen.

Ein vortrefflicher Aufsatz SIMONY's über die erodierenden Kräfte im Alpenlande — der erst in neuester Zeit durch einen Karrenforscher dem Vergessen entrissen wurde — steht im achtzehnhunderteinundsiebzigsten Jahrbuche des österreichischen Alpenvereins. Darin weiss er gar wohl die chemische von der mechanischen Erosion zu unterscheiden, kann sich aber nicht entschliessen, die Karrenbildung der erstern zuzuschreiben. Wenn irgendwie die Entstehung der mit Karrenfurchen bedeckten Gebirgsoberfläche zweifelhaft erscheinen mag, so giebt die nächste Umgebung des Gosauer Gletschers eine sichere Beantwortung dieser Frage. „Wie hier diese eigenthümlichen Aushöhlungen einzig und allein nur als das Produkt der Zusammenwirkung von

Schmelzwässern des Ferners und dem als Schleifmaterial dienenden Moränenschutte angesehen werden können, so wird für die gleichgestalteten Bildungen überall da, wo sie nicht einem von Wasser noch jetzt durchspülten Gerinne angehören, mit Recht eine alte Glazialerosion voraussetzen sein!“

Weiter hat SIMONY nachgewiesen, dass die Maximalentwicklung der Karrenfelder in den Ostalpen den mittlern Gebirgsstufen und sehr oft den Thälern angehören.

In zwei Artikeln der Wiener Sitzungsberichte vom Jahre 1871 beschäftigt sich SIMONY mit derselben Frage, die wesentlich dasselbe wiederholen, was wir bereits von ihm berichteten. In dem zweiten Bericht gewinnt er insofern ein Argument mehr für seine Karrenbildungstheorie, indem er auf Ufergesteine des Attersees hinweist, die dem Wellenschlag und der Brandung, der sich noch reibender und schleifender Sand zugesellt, ausgesetzt sind und karrenähnliche Furchen zeigen, während etwas höher gelegene aus gleichem Material bestehende Steine, die nur atmosphärischen Erosionen ausgesetzt sind, keine Spuren von Karrenrinnen an sich haben.

War bis jetzt SIMONY durchweg der strengste Vertreter der mechanischen Erosion bei der Karrenentstehung, so sehen wir, wie er seit ungefähr einem Dezennium seine Ansichten erweitert hat und der chemischen Erosion bei der Schrattenbildung einen Antheil einräumt. Wohl durch die sich immer mehr ausbreitenden HEIM'schen Ansichten angeregt, liess er für die in messerscharfe Grate und Zacken drohend emporragenden Karren die mechanische Erosion durch Gletscher fallen, die er aber noch für die Karren mit abgerundeten Firsten, also jenen rundhöckerigen und zuerst und auch zumeist von ihm beschriebenen, vindiziert. Das Erste über diese Trennung von Karren hören wir von ihm in KETTLER's Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie (1885). Aus diesem Beitrage geht noch nicht evident hervor, dass SIMONY in Bezug auf Entstehung nicht mehr glaziale Karren unterscheide. Im Gegentheil spricht er als von Karren im eigentlichen Sinne nur von denen, die durch die reichlichen abschmelzenden Wassermassen einzelner Gletscher während

einer langen Glazialperiode aus dem Boden herausgemeisselt sind. Diese Ansicht vertritt er heute noch, wie wir in dem kleinen Schriftchen zur Feier des halbhundertjährigen Jubiläums seines ersten Besuches des Karlseisfeldes lesen, aber in schönster Weise in dem noch nicht vollendeten, ebenso wissenschaftlich gediegenen wie durch eigene Illustrationen künstlerisch vortrefflich ausgestatteten Werke über das Dachsteingebiet.

Da SIMONY für manche Erosionsgebilde die chemische Thätigkeit gelten lässt, ist er auch etwas von seinem frühern Gedanken, die Karrenerscheinung als eine durch die Eiszeit abgeschlossene Oberflächenbildung zu betrachten, abgekommen und trägt der „besondern Energie des rastlos nagenden Zahns der Zeit“ Rechnung, indem er von der Karrenbildung sagt, dass sie „zweifellos begonnen hat, seit das Gebirge überhaupt als solches besteht“ und im geringern Masse von Hydrometeoren gefördert wird, „die ständig ihre erodirende Wirkung an den blossliegenden Felsflächen üben.“

Spricht auch SIMONY in KETTLER's Zeitschrift von der chemischen Wirkung des Regen- und Schneewassers und von dem Aussehen mancher Gebirgsoberflächentheile, als wenn Säuren darauf geregnet hätten, so glaube ich doch jene auf Karren bezüglichen Stellen seiner letztgenannten Werke, wo er von dichtgedrängten Karrenrinnen, die durch die nagende Thätigkeit des über steil herabfallende Gesteinsflächen niederrieselnden Regen- und Schneewassers oder durch abträufelndes Schmelzwasser der Gletscher entstanden sind, spricht, nur in Bezug auf Rücksichtnahme der mechanischen Erosion zu verstehen, da er kein Wort von einer bestimmt chemischen Wirkung fallen lässt.

So bleibt uns denn im ganzen grossen SIMONY als ein erster Repräsentant der mechanischen Erosionstheorie unsers morphologischen Problems und speziell in der Frage der Karrenbildung als eine Autorität, der kaum wie einer andern so vieljährige und umfassende Erfahrungen in dieser Beziehung zu Gebote stehen. — Und doch kann ich mich nicht ganz seiner Ansicht anschliessen, besonders nicht der mechanischen Erklärung der von ihm speziell als

Karren bezeichneten Kalksteinformen. Ich behaupte vielleicht nicht zu viel, wenn ich sage, dass seine Ansicht der mechanischen Gletschererosion für die Karrenbildung eine Geburt jugendlicher Begeisterung ist. Ende seiner Jünglingsjahre verschaffte sich die Annahme einer einstigen weit- ausgedehnten Glazialperiode mit einem Male gewaltig Platz bei den geographischen und geologischen Forschern. SIMONY hatte den Agassiz studirt, der die Anregung gab, den alten Eiszeitspuren fleissig nachzugehen. Nun kam SIMONY, erfüllt von den Gedanken Agassiz', nach dem Dachsteingebiet; hier fand er wieder, was er studirt hatte. Begeistert von dem Erfolge, hier in den Ostalpen auch gefunden zu haben, was AGASSIZ in den Westalpen und im Jura konstatirt hatte, schrieb er seinen Aufsatz in den fünfziger Jahren mit einer Liebe und Begeisterung und Hingebung an das beobachtete Phänomen, wie selten es geschehen ist. SIMONY hat in seinen spätern Publicationen der chemischen Erosion weitgehendste Concessionen gemacht, namentlich für die Karrenbildungen, die in scharfe Firste emporragen. Wenn er jetzt bloss für die rundhöckerigen Karrenformen die mechanische Erosion früherer Gletscher annimmt und diese zuletzt nur als Karren bezeichnet wissen will, so stimmt das nicht mit der allgemeinen Ansicht von der Auffassung von Karren überein, und für das gemischte Vorkommen von scharfkantigen und runden Karrenformen, wobei letztere stets die niedrigeren sind, ist keine Erklärung gegeben. Wie ich schon bei AGASSIZ hervorgehoben habe, lässt es sich nicht leugnen, dass bei manchen vereinzelt Karrenformen Gletscher mit thätig gewesen sein können; sie aber von Gletschern lediglich abhängig zu machen, lässt sich aber evident nicht beweisen.

Wir scheiden von SIMONY, um uns gleich dem zuzuwenden, dessen Ansichten über Karrenbildung in wissenschaftlichen Kreisen eine grössere Verbreitung als die SIMONY's gefunden haben, dessen Meinungen denen SIMONY's konträr sind. Wir meinen den Züricher Geologen ALBERT HEIM.

Unter den drei hervorragenden Forschern über die Karrenfelder in dieser vierten Periode bringen wir ihn

jetzt zur Sprache. HEIM hat sehr viele Bemerkungen über Karren, oft wiederholend, in den verschiedensten Publikationen gegeben. Seine ausführlichste Arbeit hierüber findet sich in dem Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs (1877/78), die Cvijić als eine erschöpfende und abschliessende bezeichnet, was aber nicht der Fall ist, wie HEIM auch selbst bekennt, dass er die Karren mehr nebenbei behandelt habe.

Die vergleichende Uebersicht all seiner vorliegenden Untersuchungen ergiebt seine Theorie: Nur chemische Auflösung hat die Karrenfelder geschaffen. HEIM schreibt für eine echte Karrenbildung den reinen Kalk vor, der aber nur scheinbar gleichmässig ist, dessen Parthien mehr oder minder leicht in dem kohlensäurehaltigen Regen- oder Schneewasser löslich sind. Neben den bald nach einer Seite offenen, bald ringsum geschlossenen, bald regelmässigen, bald unregelmässigen, bald rundlichen, bald spaltenförmigen, bald engen, bald breiten Rinnen und Löchern macht HEIM auf diese eigenthümliche Karrenform aufmerksam: Von dicken und breiten Schrattenkämmen gehen oft nach allen Seiten radial kleine Furchen aus, deren gegenseitige Grenzen in scharfen, schneidend kleinen Kämmen liegen.

Wie SIMONY u. A. unterscheidet er je nach der stärkern oder geringern Neigung der Felsoberfläche zwei Karrentypen. Aus den Formen der Karren schliesst HEIM die nothwendige Bildung auf chemischem Wege. Die Formen der chemischen Auflösung sind an die chemische Beschaffenheit des Gesteins gebunden. Dabei kommen die Spalten des Gesteins und die mechanische Wirkung ganz ausser Betracht.

Gegen die Karrenbildung durch mechanische Erosion sprechen die Unregelmässigkeiten und die Rauheit der Karrenformen und die Thatsachen, dass die Karrenlöcher keineswegs die Gestalt von Strudellöchern und auf ihrem Boden keine Rollsteine haben, die als Feile gewirkt hätten, dass die Karren ihrer bezeichnenden Formen verlustig gehen, sobald sie in unreinem Kalk, z. B. in kieseligem oder thonreichem Kalkstein entstehen sollten. HEIM schreibt

mir darüber: „Alle die unbegreiflichen Behauptungen, dass mechanische Wasserwirkung, Gletscherwirkungen und noch anderes dabei betheiligt gewesen seien, werden eben nur dadurch begreiflich, dass sie geschöpft und entstanden sind nicht an echten reinen Karren, sondern an karrigen dazu noch anders bearbeiteten Flächen.“

Wo die schützende Decke der Vegetation und des Schuttes fehlt, da entstehen die Karren. Wo sind diese Bedingungen zu finden? HEIM antwortet: „Sie sind am besten in der Nähe der untern Grenze der Schneeregion vereinigt, wo schmelzender Schnee den grössten Theil des Jahres die Unterlage durchnässt.“ Die Stellen sind auf hohen Terrassen oder weiten sanften Gehängen oder auf Gipfelflächen der Kalkgebirge in der Höhe von 1900 bis 2500 m zu finden. Demnach nimmt HEIM auch ein örtliches Bedingtsein für die Schrattenbildung an, oder wie wir es im geographischen Sinne aussprechen: die Entstehung von Karren ist orographisch bedingt.

Der Züricher Geolog berücksichtigt ferner das Verhältniss der Karren zu den Quellen und zu dem Humusboden. Er giebt ein anschauliches Bild von dem Vordringen der Alpenpflanzen und des Humusbodens in das Gebiet der Karrenfelder. Durch das Absterben der Pflanzen füllen sich die Furchen und Löcher immer mehr mit Humusboden, Humuserde an. Sobald aber die Karren davon überdeckt werden, hört die Bildung auf. HEIM nimmt das Auftreten von Karren unter Humus auf tiefern Orten als einen Beweis an für die tiefere Lage der einstigen Schneelinie und der obersten einstigen Vegetationsgrenze. Als Beispiel führt er die entblössten Karren im Park des Hôtel Axenstein an, die dabei angebrachte Inschrift dahin korrigierend, dass sie nicht auf Gletscherwirkung zurückzuführen seien.

Das Verhältniss zwischen Karren und Gletscher fasst HEIM als ein „feindliches“ auf und hat dies am schärfsten in seinem Handbuch der Gletscherkunde zum Ausdruck gebracht, wo er die Gletscherschliffe den Karren gegenüberstellt. Die Hauptgesichtspunkte seien hier in ihrem Gegensatze wiederholt.

Die Gletscherschliffe kommen auf allen Gesteinsarten in ganz ähnlicher Weise vor, sind in Folge mechanischer Abreibung durch die vom Eis bewegte Grundmoräne unter dem Gletscher entstanden, gleichen die Unebenheiten aus und bilden glatt geschliffene Flächen; werden sie den Hydrometeoren preisgegeben, so werden sie in ihrer feinern Ausarbeitung mit der Zeit verwischt, und sind sie gar auf Kalkstein entstanden, so werden sie durch spätere Karrenbildung zerstört. Die Karren dagegen entstehen in direkt auflöslichem Gestein, und zwar in reinem Kalkstein oder gleichmässigem Dolomit durch die chemische Erosion des Wassers; sie charakterisiren sich durch zahllose Furchen, Löcher und Trichter, die durch dazwischenliegende, oft messerscharfe Kanten mit stets rauher Fläche getrennt werden; gelangen sie unter Gletscher, so werden die charakteristischen Schärfen abgeschliffen.

Aus diesen Erwägungen schliesst HEIM, dass die Karrenbildung seit der Eiszeit bedeutende Fortschritte gemacht habe. Das bezeugen ihm auch erratische Blöcke, die man hie und da findet und die von Karren durchfurcht sind, aber deren Riffe durch den bezeichnenden Gletscherschliff abgeebnet sind. Von diesen erratischen Kalkblöcken macht er mir in freundlichster Weise die briefliche Mittheilung mit dem Hinweis, dass sie vielleicht noch nicht in der Literatur erwähnt sind:

„Es giebt viele erratische Kalkblöcke mit Karrenbildung —, aber da sind zwei Arten zu unterscheiden:

Bei manchen ist ein Karrenblock vorhanden, dessen vorspringendste Ecken Gletscherschliff mit Schrammen zeigen. Da ist also ein Karrenblock unter den Gletscher gerathen, und seine Ecken sind abgeschrammt worden; diese Karrenbildung ist älter als die Eiszeit und der Schliff ist erhalten geblieben ohne weitere Veränderung, weil der Block in Lehmgrund eingeschlossen war.

Andererseits findet man erratische frei aufliegende Blöcke



mit Karrenfurchen wie gekämmt in der Richtung des Abfließens der Regentropfen oder des Schmelzwassers. Da ist also die Furchung erst zu Stande gekommen, seitdem der Block an diesen Ort in diese Lage gestellt worden ist, und diese Karrenbildung ist jünger als die Eiszeit.“

Die Karrenentstehung wirkt also unter günstigen Umständen fort. HEIM wendet sich daher ganz entrüstet gegen ROTHPLETZ, der da meint, die Karrenbildung sei abgeschlossen und „todt“, was absolut nicht der Fall ist, sie arbeitet gar nicht so langsam; und in seinem Buche „Das Diluvium um Paris“ hält er die Karrenschlotten im Kalk der Normandieküste für Glazialriesentöpfe. HEIM hat selbst sehr häufig beobachtet, dass Kalksteinblöcke, die von Menschenhand als Wahrzeichen oder Mauern oder Treppentritte im höhern Berggebiete errichtet worden sind, jetzt deutliche Karrenfurchen in der Abflussrichtung der Regentropfen zeigen. „Das Ding geht nicht so grenzenlos langsam. Wo man auf alten Gletscherrundhöckern Karren sieht, bilden diese nicht nur Furchen bis 1 dm Tiefe, sondern Löcher bis $\frac{1}{2}$ m.“ Auch beruft er sich auf die Mousson'sche Mittheilung, dass die Kalkflächen, die die Römer bei Aix im Steinbruch bearbeitet hatten, jetzt $1\frac{1}{2}$ cm tiefe Karrenfurchen haben. Er kann seine Verwunderung nie genug darüber aussprechen, „dass von vielen Geologen stets noch die Karrenbildung mit den Gletschern in Zusammenhang gebracht wird.“

Und doch werden Bedenken gegen seine Theorie laut! Darin liegt etwas Widersprechendes, wenn HEIM sagt, dass in Fällen, wo echte Karren bestimmt am Boden rückgehender Gletscher nachgewiesen sind, dieser Boden vor der Vergletscherung karrig ausgewittert wurde; sagt er doch selbst an vielen Stellen, dass die Karrenbildung in der Nähe der untern Schneeregionsgrenze liege. Diese Aussage entspricht jedenfalls dem Gefühle, dass sich in der ganzen Erscheinung etwas offenbart, was nicht völlig mit den Zuständen der Gegenwart übereinstimmt, weshalb er auch dem Regenwasser fast so gut wie gar keinen Einfluss bei der Karrenfeldbildung zuschreibt. Dadurch, dass er in Folge der unter Humusbedeckung beobachteten Karren-

felder die Firngrenze tiefer legt, kann bald ausgesprochen werden, dass er sich unbewusst der Gletscher- oder Firntheorie näherte. Er sagt: „Die echte Karrenbildung hört unter der Bedeckung mit Erde und Schutt auf;“ nun hat er aber selbst bemerkt, dass die Karrenformen unter Humus, besonders an tiefer liegenden Stellen, etwas verändert sind und ihre schneidende Schärfe und Rauheit verloren haben. Ja, warum haben sie die nach ihm charakteristischen Karrenformen verloren? Auf diese Frage giebt uns HEIM keine genügende Antwort.

Es nimmt eigentlich Wunder, dass HEIM nicht der Karrensteine gedenkt, die sich vielfach vorfinden, so bei den mit Humus überdeckten Karren. Im Gegentheil dazu richtet er nur seine Aufmerksamkeit auf den soliden Zusammenhang der ausgezackten und durchbrochenen Gesteinsmasse; „lose Trümmer sind nur selten.“

Wir vermissen bei ihm die Erklärung für die eigenthümliche Erscheinung, dass bei den grossen Karren die Rippen meistens dicker, die Risse meist enger, bei den kleinen Formen die Rippen schmal, die Furchen breiter sind; ferner vermissen wir die Berücksichtigung und Erklärung der dorischen Riefelung auf Karrenfirsten.

Was alles aber sich gegen eine unbedingte chemische Erosion einwenden lässt, das können wir nicht besser sagen als wie es RATZEL ins Feld führt. (cf. S. 398 u. 399.)

Eine weitere Bemerkung sei hier am Platze. HEIM wiederholt mit STUDERS Erklärungsweise auch den Ausspruch, dass Karren nicht im Jura zu finden sind. Dies benutzt er gleich als einen Grund gegen ihren Zusammenhang mit dem Gletscherphänomen. Wie wir aber wissen, liegen die genauesten Beobachtungen über jurassische Karren von AGASSIZ, RATZEL und SCHARDT vor. RATZEL meint, die Nichterwähnung der Jurakarren bei fast allen Forschern beruhe auf der merkwürdigen Vernachlässigung der Karren in der Jura-Litteratur.

HEIM lässt bloss die chemische Erosion gelten und zwar die chemische Erosion des Schnees. Gegen diese alleinige Annahme letzterer müssen wir uns wenden. Die Auflösungsfähigkeit des Kalksteins durch Schnee ist gering

gegenüber den Zerstörungen des Gesteins durch Pflanzen und andere Hydrometeore denn Schnee; ich selbst beobachtete, dass die Auflagerungsstatt perennirender Firnflecke viel weniger die Karrenbildung offenbarte als benachbarte freiliegende Steingebiete. Fernerhin beobachtete ich, dass unter dem Schnee das Karrengestein nicht ein so zerfressenes Aussehen besass als unter freiem Himmel. Der Grund hierzu mag mit darin gesucht werden, dass das Gestein unter dem Schnee mehr von den Einwirkungen der andern Hydrometeore geschützt wird und besonders auch von den Einwirkungen der Pflanzenwelt. — Die Spaltung des Gesteins weist HEIM von vornherein zurück; meine Beobachtungen haben mich das Gegentheil gelehrt. Er sagt auch, dass die Formen der chemischen Auflösung an die chemische Beschaffenheit des Gesteins gebunden wird; mithin sind die Karrenformen Formen der chemischen Auflösung. Dass dies nicht der Fall sein kann, wird mir bald jeder Beobachter bestätigen können: Zur Hervorbringung von typischen Karrenformen gehören noch andere Faktoren als bloss die chemische Erosion des Schnees. Sehe ich aber von der Annahme der blossen Schneeerosion und den letzt genannten kleinen Meinungsdivergenzen ab, so muss ich wohl bekennen, dass ich in sonst allem Uebrigen mit HEIM übereinstimme.

Der Ueberblick der Einwände gegen die HEIM'sche Theorie ergiebt hauptsächlich dies, dass sie sich gegen die Einseitigkeit einer bloss chemischen Schneeerosion wenden. Trotz dieser steht HEIM gross da und bis vor einigen Jahren als einzige Autorität auf dem Gebiete der Karrenforschung. Wenn er sagt, dass er über die Karren nur so nebenher einige Bemerkungen gemacht habe, so haben doch diese genügt, nicht bloss in wissenschaftlichen Kreisen, sondern auch den Hochgebirgstouristen Anregungen zum Studium unsers Problems zu geben.

Unter den namhaftesten Geographen ist es besonders v. RICHTHOFEN, der in seiner klassischen Anleitung zu Beobachtungen über Gegenstände der physischen Geographie und Geologie ganz den HEIM'schen Standpunkt acceptirt. Darin spricht er nur im Allgemeinen, ohne Anschluss an

eine bestimmte Gebirgsgruppe von den Karren und ist eben der Ansicht, dass das kohlensäurehaltige Wasser des liegenden bleibenden Schnees die bekannten Formen der Karrenfelder bewirke, weshalb er auch die Karrenbildung an sanfte Gehänge in der Nähe der Schneelinie und auf Gipfelflächen versetzt, „in den Alpen meist in Höhen von 1900—2600 m.“ Er hält es für wahrscheinlich, dass die Entstehung der Karren durch einen nicht äusserlich erkennbaren Mangel an Homogenität bedingt sei und mahnt deshalb mit Recht, die Formen der Karren auf verschiedene Lösungsfähigkeit einzelner Theile derselben Gesteinsschicht zu untersuchen.

In vielen Lehr- und Handbüchern der Geographie und Geologie finden wir fast ähnliche Ansichten vertreten, doch davon im Schlusse dieses Kapitels mehr!

Als Ergänzung zu der HEIM'schen Abhandlung über die Schratten erschien in dem gleichen Jahrgang des Schweizer Alpenklubs der Aufsatz über die Karrenfelder des Erkursionsgebietes von F. BECKER. Zum Zwecke einer kartographischen Aufnahme besuchte er das bekannte Schrattengebiet der Silbern. Seine Ansichten über Karren stimmen mit denen von HEIM überein, nur in betreff der Bildung von Karren lauten seine Bedingungen etwas anders.

Als erste Bedingung zur Entstehung gilt ihm wie HEIM die Gesteinsart. Die der Kreideformation zugehörigen Schrattenkalk, Gault und Sewerkalk sind in einem gewissen Grade im Wasser löslich, namentlich im kohlesäurehaltigen. Wirkt solch Wasser auf den Kalkstein, der nie homogen ist und ganz verschieden löslich, so entsteht eine unebene Oberfläche, und der Anfang zur Karrenbildung ist gemacht. Je ungleichartiger die Gesteinsmasse ist, umso ungleichartiger sind die Formen der Karren. Er macht nicht wie HEIM die Karrenform von der mehr oder minder horizontalen Lage des Felsens abhängig. Die gleichen Formen bilden immer zusammenhängende Komplexe.

BECKER kennt die parallelen Rinnen mit parallelen Wandungen und betont, dass hart daneben die sogenannten „Steinwaben“ (cf. Seite 360) und schwammartige Bildungen, d. s. Karren mit runden Rücken, sich finden. Wohl erwähnt er wie HEIM auch die Rauheit der Oberfläche einzelner

Karrenformen, daneben aber auch, dass manche Oberfläche oft glatt, wie abgerieben anzuschauen ist.

Als zweite massgebende Einwirkung auf die Karrenbildung hebt BECKER die Höhenlage hervor, aus demselben Grunde, wie wir schon bei HEIM vernahmen.

Als eine dritte Bedingung hören wir bei ihm von der besondern Wichtigkeit des geologischen Baues des Gebirges. Durch die starken Faltungen und Knickungen wird die Entstehung der Karren erleichtert; denn durch die kleinen, stark geknickten Gebirgsfalten erhält das Gestein Risse, feine Klüfte, die der Zerstörung, der Auflösung durch Wasser anheimfallen. Durch die Bäche werden Humus und starkverwitterte Gesteinsmaterialien nach den Karren geführt, die allmählich diese mit einer Erdschicht bedecken. Kann das Wasser an einem mit Humus überdeckten Karrenboden nicht durchsickern, stagnirt es, so bildet es Sümpfe; ist aber der Boden kraterartig vertieft, so versiegt es sehr leicht, wie z. B. in der Glattalp.

Was BECKER zu dem Alter der Karren denkt, deckt sich ganz mit den HEIM'schen Ansichten; er sagt: „Sie sind wohl zum Theil jünger, zum Theil älter als die Eiszeit der Erde, wenigstens finden sich oft an erratischen Blöcken Spuren alter Karrenbildung.“ Auf das Verhältniss der Karren zu den Gletschern geht er im übrigen nicht weiter ein, findet aber, wie die Karrenfelder in ihren eigenartigen Gebilden lebhaft an das bekannte Bild eines versteinerten Gletschers erinnern; „starrt einem aber in den Gletschergebieten überall der Todt entgegen, die kalte, abgetödtete Natur, so ist dann das höchste erreicht, wenn dies Kalte und Starre noch versteinert.“

Auf eigenen Untersuchungen beruhen die Ansichten von H. SCHARDT in Veytaux bei Montreux. Als ein Schüler HEIM's kann er sich bei der Karrenfeldbildung nur für die chemische Erosion erwärmen und spricht dies aus in den *Études géologiques sur le Pays- d'Enhaut Vaudois*. Darin bringt er auch nichts Neues über die Auffassung der Karrenfelder; er wendet sich bestimmt gegen RENEVIER, der die Formation der Karrenfelder der Wirkung der Gletscher zuertheilt, „leur présence n'est pas nécessaire.“

„Les lapiés se trouvent toujours à la limite des neiges éternelles, ou plutôt un peu en dessous de celle-ci, aux lieux où la neige séjourne pendant une grande partie de l'année.“ Der Schnee schmilzt mehr und mehr, das Wasser fließt tropfenweise ab, und in Folge seiner chemischen Eigenschaften werden die Furchen im Felsen ausgehöhlt. Wo die Schneemassen im Rückzug begriffen sind, kann man oft den Vorgang in voller Thätigkeit sehen. Dass SCHARDT der chemischen Erosion voll und ganz zuneigt, spricht sich deutlich aus in dem Satze: „L'eau n'y exerce presque aucune action mécanique; elle n'a qu'une action dissolvante.“ Mit diesen Worten, nachdem er noch die Wichtigkeit der Schneedecke für die Felsoberfläche bei Temperaturwechsel hervorgehoben hat, schliesst er seine Ansichten über die Entstehung der Karren.

Wie in der vorigen Periode der Entwicklung unsers Karrenphänomens dem Verhältniss der Karren zur Thierwelt von TSCHUDI Rechnung getragen wurde, so in dieser dem Verhältniss der Karren zur Pflanzenwelt von einem nicht minder berühmten Schweizer, von CHRIST. Als Karrenfelder bezeichnet er Plateaus im Kalkgebirge von geringer Neigung, sich auszeichnend durch senkrechte nach allen Richtungen gehende Spaltungen, deren Anfang durch winzige Furchen bezeichnet werden, aber auffallend schnell gewaltige Dimensionen annehmen. Von dem Karrenterrain sagt er, dass es durchaus nicht so feindlich der Vegetation ist, wie man gewöhnlich glaubt. Wie uns bekannt, fasst auf dem Grund der Karrenrinne der Humus sehr leicht Fuss, und Rhododendren und Vaccinien, die Dryas und Salix retusa wurzeln mit Vorliebe in diesem Boden. Indem sich die Pflanzen in den Karren sesshaft machen, werden sie zugleich eines ihrer Hauptzerstörungsmittel. Die Kohlensäure, die von den Blättern der Pflanzen abgegeben wird, zertört den reinen Kalk. CHRIST beruft sich hier mit auf RÜTIMEYER, der nachgewiesen haben will, dass diese Einwirkung eine so intensive und rasch von Statten gehende ist, „dass einem einzelnen Blatt jener Pflanzen, wo es auf dem Felsen aufliegt, bald eine Vertiefung von seiner Form und Grösse entspricht, während rings das alte Niveau in

Form einer Kante sich erhebt.“ Ob nun diese letztere Beobachtung für sich richtig oder noch von andern Vorgängen abhängig ist, das lässt sich nicht entscheiden. Es ist wohl kaum möglich, dass ein Blatt durch seine Zersetzung einen solchen Eindruck auf das Gestein hervorbrächte, der seiner Gestalt entsprechend wäre; auch fliessen in dieser Richtung von keiner andern Seite Beobachtungen. Blatteindrücke hat man schon beobachtet, wohl in paläontologischen Funden und gegenwärtig auf Schneemassen; letztere Eindrücke haben aber nichts mit der Zersetzung der Blattmasse zu thun, sondern sind von dem erwärmenden Sonnenstrahl abhängig. Dass überhaupt die Vegetation an der Karrenbildung und -Zerstörung im kleinen und zuletzt im grossen beitragen solle, steht der sonst üblichen Auffassung entgegen, nämlich, dass die Vegetation den besten Schutz gegen die Gebirgsverwitterung bilde (HEIM u. A.). Dass sich aber CHRIST bei seiner Deutung des Karrenphänomens auf richtiger Fährte, die er nicht weit genug verfolgte, befand, sollte mir durch meine eigenen Untersuchungen gewiss werden.

Bald ein feinsinnigerer Beobachter als CHRIST betreffs der kleinsten Erscheinungen alpiner Pflanzenwelt ist J. GREMBLICH. Er gedenkt in seiner kleinen ausgezeichneten Monographie über die Alpenwiesen der Karren in ihrer Beziehung zur Vegetation. Von den „Schratteln“, Karren am Scharfreiter in der Riss, am Sonnwendjoch und im Lechthale behauptet er die unbedingt reichste Flora der ganzen Umgegend. In den vertieften „Rünsten“ der Karrenfelder, „die den Wassergängen in einer Abrutschung ähnlich sind“, wuchert eine der üppigsten Vegetationen. Die Wucherung von den zahlreichen krautigen, theilweise auch holzigen Gewächsen wird sehr durch die von den Kalksteinen abprallenden Sonnenstrahlen begünstigt, und ein solches Schrattenfeld sieht oft von weitem wie eine Wiese oder Weide aus. GREMBLICH zählte an einem etwa 100 qm grossen Schrattenfelde am Scharfreiter nicht weniger denn 60 Pflanzenarten. Die Grössendimensionen dieser Pflanzen übertrafen die der Umgebung ums zwei- bis dreifache.

Mit beredten Worten schildert WALTENBERGER die Pflanzenwelt des hohen Ifenplateaus. Wo der Schrattenkalk rein und kompakt auftritt, ist er ganz und gar unfruchtbar, nur in Verbindung mit thonigen Bestandtheilen giebt er Verwitterungsprodukte, die dann den Pflanzen guten Standort und gute Nahrung geben. Blühende Alpenpflanzen bilden die reizenden Lichtpunkte in der düstern geisterhaften Steinwelt der Karren und zeigen, wie das warme Leben der Natur auch hier noch nicht erloschen ist.

Diese und weitere Bemerkungen über die Schratten hat WALTENBERGER in einem ältern Jahrgang der Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereinszeitschrift niedergelegt. Wie manche schöne Perle wissenschaftlicher Kleinarbeit ist in den dem grössern Publikum zugänglichen Zeitschriften, die sich mit den Alpen und ihrer Erschliessung und ihren Problemen beschäftigen, zu finden! Leider gedenkt man ihrer viel zu wenig. Manche schlummert auch ganz, ist durch das Alter neuern, oft ganz ähnlichen Ansichten entrückt. WALTENBERGER's treffliche und ausführliche Bemerkungen über die Schratten der Gebirgsgruppe des Hohen Ifen habe ich nur bei RATZEL erwähnt gefunden.

Das hohe Ifenplateau, 230—250 m unter der Spitze des Hohen Ifen (2234 m), bietet ein geeignetes Feld für Karrenstudien, wie wir schon bei GÜMBEL hörten; es besteht durchweg aus Schrattenkalk, der sehr hart ist und an der Luft weiss gebleicht wird. WALTENBERGER giebt die lebhafteste Schilderung eines Karrenfeldes unter all denen, die der äussern Erscheinung eines solchen mehr Aufmerksamkeit zugewendet haben. Neben den wunderlichen Steingestalten, die wie Spitzen und Dolche, Messer und Beile, Hellebarden und schneidige Waffen in die Höhe ragen, sind mächtige Steinplatten, die von verschiedenen grossen Spalten nach allen Richtungen durchzogen und manchmal wieder durch schmale Klüfte in parallelförmige Blätter zersägt werden, die wiederum von rundlichen Oeffnungen nach allen Seiten durchsetzt sind. Eine Form erscheint dem Geometer WALTENBERGER sehr merkwürdig, und er ist auch der einzige, der davon zu wiederholten Malen erzählt. Das sind die vollkommen kreisförmigen Löcher, die oft

neben einander gereiht, kaum einen Zoll Durchmesser haltend, in die weiss gebleichten Steinplatten sehr tief senkrecht eindringen. Dicht daneben befinden sich eigenthümliche Oeffnungen, deren Durchschnitte die bizarrsten Formen, die abenteuerlichsten Umrisse zeigen und nicht selten durch Steinblätter von Papierdicke getrennt sind. Auch auf die fingerförmigen und cylindrischen Steinstücke macht er aufmerksam, die in den mannigfaltigsten Gestalten und Grössen umherliegen, den gebleichten Knochenresten riesiger vorweltlicher Thiere und primitiven Werkzeugen aus dem Jugendalter des Menschengeschlechts nicht unähnlich.

Die Entstehung dieser seltsamen Zerrissenheiten und Zerklüftungen weist WALTENBERGER dem Einfluss der Atmosphärien zu. „Am harten Gestein sind fast dieselben Erscheinungen zu beobachten wie die an einem Gletscher, die durch die Einwirkung von wechselnder Temperatur und Feuchtigkeit bedingt sind.“ Er spricht von der auflösenden und chemischen Thätigkeit des Wassers. Haben wir bei den einzelnen Beobachtern gefunden, dass sie unter „auflösend“ mehr die chemische Seite der Erosionsthätigkeit, im Gemisch dazu nur die mechanische verstanden, so wendet WALTENBERGER „auflösend“ mehr im Sinne mechanischer Wirkungen an. Das Gefrieren und Wiederaufthauen des Wassers scheint ihm bei der Karrenbildung sehr wichtig zu sein, denn dadurch wird das Gestein in mehr oder weniger prismatische Stücke zersprengt, „die durch Abwitterung, Einwirkung der Kälte, lokale Ursachen, wozu örtliche Ansammlungen von Wasser und Schnee und dergleichen gehören, in verschiedenartiger Form zernagt und zerfressen werden.“ Manche Verschiedenheiten in den Formen der Zerklüftung und Verwitterung werden durch ungleiche Festigkeit des Gesteins und ursprünglich kleine Abweichungen von der horizontalen Lagerung desselben erzeugt.

Bei dem ganzen Karrenphänomen muss eine langdauernde und beständig wirkende Ursache angenommen werden. Die mechanische Kraft des Wassers, das in einer feinen Gesteinspalte einen Abzugskanal gefunden hat, höhlt und wäscht und rundet den Stein in ungemessenen Zeiträumen aus.

Dabei wird das Wasser durch reibende Gesteinsstücke unterstützt. Bei einer Zusammenwirkung beider mögen in ähnlicher Art Löcher und Vertiefungen erzeugt werden, wie dies an Gletschermühlen und Riesentöpfen zu sehen ist.

WALTENBERGER sieht selbst ein, dass seine Erklärungen nicht für alle Fälle genügen können, so z. B. für die Entstehung der kreisrunden Löcher, die in der Mitte einer vollkommen kompakten Steinplatte oft sehr tief eingebohrt sind. Ebenso räthselhaft ist ihm das Auftreten von scharfkantigen, splitterigen Formen und gleich daneben, ohne irgend welche Uebergänge, nur das von abgerundeten Gesteinsformen. Der Gedanke an eine eventuelle Gletscherwirkung, die RATZEL bei einer Untersuchung der Formen des Ifenplateaus angenommen hat, liegt ihm fern, ebenso der Gedanke, den Pflanzen irgend welchen Einfluss auf die Karrenbildung zuzuschreiben.

Die Beobachtungen und Untersuchungen von CHRIST, GREMBLICH und WALTENBERGER sind durch die meinigen bestätigt worden. Der mehr nebenbei geäußerte Gedanke von CHRIST — auch von STUDER schon angedeutet —, dass die Pflanzenwelt auf die Bildung von Karren sehr einflussreich sei, ist für meine Theorie von Bedeutung geworden. Da ich im vergangenen Jahre den Ifenstock näher kennen lernte, war mir die Gelegenheit geboten, den Beobachtungen WALTENBERGER's mit kritischem Auge nachzuspüren. Wenn er auch Vieles übersehen hat, so stimme ich doch mit dem, was er verzeichnet, im Ganzen und Grossen überein, nur die zahlreichen, tadellos kreisförmig eingebohrten Löcher habe ich vermisst; sie sind wohl zu sehen, aber nicht in der reichen Masse, wie die Beschreibung WALTENBERGER's vermuthen lässt.

Stimmen die Ansichten über die Karrenbildung von BECKER, SCHARDT, CHRIST ganz mit denen HEIM's überein, so neigt WALTENBERGER schon mehr zu einer Ansicht, die verschiedene Erosionsfaktoren, auch mechanische, gelten lässt. Auf HEIM'schen Grundsätzen wiederum fassen die ausführlichen Studien über die Karren am Untersberg von E. FUGGER. Er unterscheidet — er will unterscheiden — gleich von allem Anfang an „Karren“ mit oben gerundeten Rippen

und „Schratten“ mit scharfen Rippenkanten. Die Furchen zwischen den Rippen sind in ihrem Grunde sowohl bei den Karren als bei den Schratten immer regelmässig abgerundet. Er achtet wie KELLER und SIMONY genau auf den Neigungswinkel der Oberfläche, in die die Karren eingegraben sind. Der Spielraum des Neigungswinkels reicht von 5° bis 80° .

Die Karren zeigen starke Verwitterung von der tiefsten Stelle, da sie am Untersberg auftreten, bis zu dem Plateau hinauf. Dass auf der Südseite des Plateaus des Hauptkammes sich viele Hunderte von Schneetrichtern befinden, bedingt nach FUGGER die Beschränkung der Karrenbildung nach Ausdehnung und Unregelmässigkeit. Die meisten Karren fand er in dem Lias und Dachsteinkalk, die wenigsten in der Kreideformation. Der Dolomit des Untersberges zeigt wohl karrenähnliche Bildungen, aber von eigentlichen Karren kann man bei ihnen nicht reden.

FUGGER berichtet von Rinnen eigenthümlicher Art, die man noch 1878 im Veitlbruch, hart an der Strasse von Fürstenbrunn nach Grossgmein, beobachtet und zwar in weichem krystallinischem Kalk, in den einzelne Knollen eines sehr dichten Kalkes hineingearbeitet sind. Die Furchen haben die dichtern Knollen umzogen; sie vereinigen sich wohl gelegentlich, aber theilen sich nie. Zugleich gab das Gestein die Gelegenheit, den flachen breiten Anfang und das allmähliche Tiefer- und Schmälerwerden der Rinnen zu beobachten.

Karrenrinnen treten oft da auf, wo an Gletscherwirkung gar nicht zu denken ist, so auch an senkrechten Wänden, wo sie parallel verlaufen, in der Vertiefung rund und am Rande scharfkantig sind. Ueberhaupt hält er von der mechanischen Erosion sozusagen nichts; sie kann wohl theilweise mitwirken, aber ihre Wirkung ist nichts gegen die der chemischen, die sich in den Schmelzwassern des Frühlings und den Regenwassern des Sommers offenbart, wofür er eine Menge Beispiele namhaft macht. Die Karren unter Humus zieht er nicht in das Bereich seiner Untersuchungen.

Welches Bild macht sich nun FUGGER über die Art und Weise des Entstehungsvorganges der Karrenfelder? Jegliches

Wasser, sei es Thau-, Schnee- oder Regenwasser besitzt in kleinen Quantitäten Kohlensäure, mithin die Fähigkeit der Auflösung einer schwachen Säure. Was ihm an chemischer Energie fehlt, ersetzt seine Masse und kontinuierliche Wirkung. Denken wir uns eine mehr oder weniger geneigte Felsfläche, die von Schnee bedeckt ist, so wird im Frühjahr bei dem Schmelzungsprozess das Schmelzwasser durch die Schneedecke sickern und selbstverständlich in der Richtung der grössten Neigung abfliessen, dabei aber allmählich in Folge des auflösenden Wirkens der Kohlensäure auf den Kalkstein parallele Rinnen bilden, die immer tiefer und grösser werden je nach der Menge des Wassers, nach der Dauer des Fliessens, nach dem Kohlensäuregehalt, nach der geringern Neigung der Felsoberfläche. Durch das Tiefer- und Breiterwerden der Rinnen verschmälern sich die Karrenwände, und die charakteristische Karrenlandschaft ist geschaffen. Ist der Kalkstein nicht ganz homogen, wie bei manchen Liasflecken, so werden die Karrenrippen ganz zerfressen und es bilden sich die spiessigen und zackigen Gestalten, die eine Eigenthümlichkeit der „Schratten“ sind.

FUGGER giebt eine sehr schätzenswerthe Reihe von eignen und fremden Messungen des Kohlensäuregehaltes von Regen-, Schnee- und Bodenwasser. Mit ihrer Hilfe berechnet er das Zeitalter einer Karrenrinne von 1 m Tiefe bald auf 9000 Jahre, bald auf 13000 Jahre, bald auf 6000 Jahre.

Auf diese Messungen wollen wir, da sie die ersten Versuche ihrer Art sind, genauer eingehen! FUGGER geht aus von HEIM's Berechnung der mechanischen Erosion aus dem Gebiet der Reuss. Dieser giebt für die mechanische Wirkung einen 100jährigen Abtrag des Gesteins von 24 mm an, FUGGER hat für den chemischen einen solchen von 4,5 mm gefunden. Ohne irgend einen Grund anzugeben, setzt er den mechanischen Abtrag bei der Karrenbildung auf 12 mm herab, erhöht in Folge des grössern Kohlensäurereichthums des Schneewassers den chemischen auf 8 mm und gewinnt so einen 100jährigen Abtrag von 20 mm. Diese Zahl verwendet er aber in einer ganz sonderbaren

Weise zu einem Exempel, um die Karrenbildung auf mathematischem Wege zu erklären. Nach ihm ist bei der Rinnenbildung die mechanische Erosion — 12 mm — eine gleichmässige und nur die chemische — 8 mm — eine verschiedenartige. Da das Verhältniss so ist, d. h. nach FUGGER, berücksichtigt er weiter gar nicht die mechanische Wirkung.

Die chemische Erosion wirkt auf die Karrenrippe nur mit $\frac{1}{4}$ ihrer Kraft, also 2 mm werden abgetragen, die andern 6 mm kommen der Karrenrinne zu gute; demnach findet hier ein Abtrag von $8 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$ statt. Da aber der Karrenfirst um 2 mm zugleich abgetragen wird, gewinnt FUGGER eine relative Vertiefung der Rinne um 12 mm in 100 Jahren. Durch eine andere ähnliche Annahme gewinnt er nur 8 mm.

Abgesehen davon, dass dies Exempel gut ist, um sich ein ungefähres Bild des chemischen — und nur des chemischen — Vorganges bei der Vertiefung der Karrenrinnen zu machen, abgesehen auch davon, dass selbst die Zahlenannahme eine ziemlich willkürliche ist, so ist es schier unbegreiflich, dass die Wirkung der mechanischen Erosion als eine gleichmässige bei der Karrenbildung angenommen werden soll. Also die Firste werden um 12 mm erniedrigt, die Rinnen auf dem Boden um 12 mm vertieft, vielleicht auch die Karrenrippen von jeder Seite um 12 mm verschmälert. Somit sind alle Sätze der Praxis und Theorie auf den Kopf gestellt, die bis jetzt sagen, dass die mechanische Erosion eine ganz verschiedenartig wirkende ist, je nach Abreibung, Abspülung, Stoss, Druck oder je nach der Neigung der Fläche, Grösse des Gefälls u. s. w. Auch ist es ein vergebliches Bemühen, das Alter der Karren mit Hilfe von solchen Zahlen allein zu finden, da noch ganz andere Erscheinungen berücksichtigt werden müssen, die die Karrenbildung bald einmal beschleunigen, bald andermal verzögern; die hydrographischen und klimatischen Einflüsse, der Härtegrad der Gesteinsart, das orographische Gebundensein des Karrenphänomens sind alles wichtige, durchaus nicht zu übersehende Faktoren.

Als evident für seine Annahme, dass die Karren nur ein Produkt der chemischen Wassererosion sind, bringt

FUGGER das Beispiel von einer Entblössung einer neuen Schichtfläche im Marmorbruche im Neubruch zu Fürstenbrunn mit den Anfängen eines Karrenrinnensystems. Dies Beispiel kann ich aber ebenso gut für die mechanische Erosion annehmen, ja noch besser. Die besagten Rinnen sind in maximo nur 10 cm tief. Nehmen wir an, dass die Bildung dieser Rinnen zugleich mit der oberflächlichen Karrenrinnen, die sich in der Nähe befinden, begonnen habe, so müsste die chemische Erosion hier doch bald eine ähnliche, immerhin aber tiefere Wirkung, denn zu sehen ist, zu Stande gebracht haben wie auf einer zu Tage tretenden, anstehenden Felsfläche. Dem ist nun nicht so, und obwohl die Forderungen der chemischen Erosion bei einem Bedecktsein mit Schutt im Verhältniss noch mehr erfüllt sind als die der mechanischen, scheinen doch die Rinnen nicht fortgebildet zu sein, da eine bedeutende mechanische Einwirkung nicht statthaben konnte.

Die FUGGER'sche Trennung, die Karren mit abgerundeten Firsten als „eigentliche Karren“ und die mit scharfen Firsten als „Schratten“ in die wissenschaftliche Sprache einzuführen, ist aus praktischen und theoretischen Gründen nicht gut anzunehmen. Sie würde viele Irrungen in der ganzen Karrenlitteratur hervorrufen, auch hat sie FUGGER bei seiner Abhandlung selbst nicht konsequent durchgeführt. Ausserdem wird in vielen Gegenden, wo der Ausdruck Schratten für die Karrenfelder gäng und gäbe ist, auch der Ausdruck Karren vom Volke gebraucht; wir haben hier demnach synonyme Wörter vor uns.

Eine nicht so strenge Theorie bei der Karrenentstehung wie FUGGER vertritt A. PENCK in Wien. Die letzten Ansichten SIMONY's, auch dem Regen und den Schmelzwassern der Gletscher Einfluss auf die Schrattenentstehung zuzuerkennen, fasst PENCK auf und macht namentlich die Regenwirkung fasst ganz allein geltend. Die auf diese Weise entstandenen Karren nennt er „echte Karren“, während ihm die von SIMONY beschriebenen und durch Schmelzwasser der Gletscher entstandenen keine eigentlichen Karren sind; demnach steht er in dieser Beziehung im Gegensatz zu dem Altmeister der Wiener Geographen.

PENCK hat an den verschiedensten Orten Karren beobachtet, auf dem Dachsteinplateau, auf dem Steinernen Meer bei Berchtesgaden, in den Slavini die San Marco, einem öden Trümmerfeld, das die reich angebaute Sohle des Val Lazarina unterbricht, in den Pyrenäen, in den Felsen von Gibraltar; über letztere, wie über die in den Pyrenäen liegen nur kurze Bemerkungen vor, keine Untersuchungen. Das Steinernes Meer und die Wildalm bezeichnet er als „klassische Gebiete“ für das Studium des Karrenphänomens. Kaum ein Felsköpfchen ist da zu sehen, das nicht angefressen wäre; von seinem Scheitel strahlen nach allen Seiten flache Rinnen aus. Mag die Lage einzelner Felsblöcke auch noch so verschieden sein, so gehen vom höchsten Punkte Kannelirungen aus, die am schönsten und am zartesten PENCK in den Slavini die San Marco beobachtete. An senkrechten Blockwänden ziehen sich ganz ähnliche Rillen und Furchen vertikal herab, und wie auch sonst die Schichtstellung sein mag, die Karrenfurchen laufen senkrecht herab.

Für die Entstehung dieser Gebilde ist der Regen der massgebendste Faktor. Ein Tropfen, der oberflächlich abrinnt, löst seine Unterlage, er bestimmt die Bahn eines zweiten Tropfens und vieler, vieler nachfolgender Tropfen; dadurch entsteht eine feine Rille im Gestein, die sich mit der Zeit erweitert. Das Wasser, sei es nun Regen- oder Schmelzwasser, läuft stets in diesen Rillen abwärts; stösst es dabei auf eine ebene Fläche, so versickert es längs feiner Klüfte. Diese werden auch mit der Zeit durch das rinnende Wasser vergrössert. Seitenwände bleiben zwischen den einzelnen Klüften stehen, die zuletzt in scharfe Grate ausgehen, von denen wieder kleine Rillen auf jeder Seite nach der Tiefe ziehen, „wie parallele Seitenthäler in ein Hauptthal.“ (Letztere vergleichende Ansicht ist nichts Neues, da sie schon durch EBEL gut ausgeführt wurde.)

PENCK fasst also das Karrenphänomen in ganz speziell typischer Gestalt auf. Er rückt den Vorgang in die untere Grenze der Schneeregion, wie so viele andere, die wir schon kennen lernten, auch so E. RICHTER in den Gletschern der Ostalpen, wo er von der Höhe der Schneegrenze in

den nördlichen Kalkalpen spricht und von den Karrenrücken als anstehendem Gesteine, das schon in der Waldregion unter Humus vorkommend bis zur untern Schneegrenze sich hinanzieht. — In den Karren erhält sich der Schnee sehr lange, nachdem die Umgebung schon längst ausgeapert ist, und „in den Karren versiegt alles das Wasser, welches in der winterlichen Schneedecke aufgespeichert war; diese ist daher für das Zustandekommen des Phänomens von grosser Bedeutung.“ Dies schreibt PENCK in seinem Aufsatz über das Land Berchtesgaden, nichts lesen wir aber von der Bedeutung der Schneedecke in seiner Morphologie, wo bei der Karrenbildung der Regen mehr berücksichtigt ist.

PENCK widmet sich ferner den Karren, die vom Moosgrund des Waldes bedeckt sind. Dass der Wald von sterilen Flächen Besitz ergriffen hat, ist eine erwiesene Thatsache, nicht so die runden Formen der unter dem Waldboden vorkommenden Karren, die PENCK einfach dahin erklärt, dass sie durch die Abwitterung der feinen Rippen zwischen den Furchen entstanden sind. Das wäre ein neuer Erklärungsversuch; denn im Uebrigen decken sich PENCK's Ansichten fast mit denen HEIM's. PENCK drückt sich aber in seiner Stellung zu den Erosionen nicht ganz bestimmt aus; ich glaube, dass er mehr ein Anhänger der chemischen Wirkung ist. Die Stellen, wo er von den herablaufenden Gewässern redet, die auf den Kalkfelsen rasch Furchen einschneiden, oder von dem guten Beobachten der Karrenbildung nach Regengüssen, wenn das Wasser in den Karrenrillen abläuft und die dazwischen befindlichen Grate trocken bleiben, oder wie der Lösung von Kalk in den obern Trümmerlagen eine Zufuhr von solchem in den untern entspricht u. A. m., lassen sich im Sinne mechanischer Erosion deuten, die hinwiederum im Sinne chemischer, wo er von der Umgestaltungsfähigkeit, der kalkauflösenden Eigenschaft des Wassers berichtet. Vielleicht fasst PENCK unter Erosion bei der Karrenbildung sowohl die chemische wie mechanische Thätigkeit, bestimmtes hierüber lässt sich aus seinen Zeilen nicht lesen.

Die ganze Richtung, wie sie in dieser Periode durch HEIM angebahnt wurde, ist nicht ohne entschiedene Gegner

geblieben. Unter den gegenwärtigen Geologen der Schweiz hat sich E. RENEVIER bestimmt gegen HEIM's Ansichten erklärt, ohne indessen Erfolge erzielt zu haben. Er theilt den Karrenfeldern eine beträchtliche Rolle in den Kalkhochalpen zu. Nach seiner Erfahrung finden sich Schratten entweder am Fusse von Gletschern, wie die von Miet, von Zanfleuron u. s. w., oder an den Stellen, die als frühere Gletscherbetten zu betrachten sind, wie die Karrenfelder am Verlorenenberg, von Cheville, in den Audannes, unter dem Wildhorn u. A. m. Auch hat er wie CHARPENTIER, SIMONY Karren unter den Gletschern beobachtet und kann sich die Entstehung derselben nicht anders denken als nur durch die mechanische Wirkung der Gletscher, der Schmelzwasser, die durch die Gletscherspalten stürzen oder tropfenweise fallen und dabei die wunderlichen Rillen und Karrenfurchen auf dem Gletscherboden zuwege bringen. Seine interessanten Beobachtungen über die Schrattenfelder hat er in den Kalkalpen von Waadt und Wallis unternommen; aber sie scheinen gleich denen SIMONY's ausser Acht geblieben zu sein, so namentlich sein Abschnitt *Lapiés* in der *Orographie de la partie des Hautes Alpes calcaires compris entre le Rhône et le Rawyl* im Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs (1880).

Zu denselben Ansichten, wie sie SIMONY für die Bildung der echten Karren angenommen hat, wie sie weiter durch RENEVIER vertreten werden, ist einer der letzten Forscher über das Karrenphänomen in dieser Periode gelangt, nämlich FRIEDRICH RATZEL. Dessen Untersuchungen sind hauptsächlich in einer Leipziger Dekanatsschrift vom Jahre 1891 niedergelegt. In dem Titel: „Ueber Karrenfelder im Jura und Verwandtes“, ist gleich die Andeutung gegeben, dass sich diese Arbeit nicht ausschliesslich mit den jurassischen Karren beschäftigt, sondern auch Streiflichter auf gleiche Gebilde der alpinen Regionen wirft. Da aber die alten Ansichten über Karren im Jura von AGASSIZ und die spätern von ALPH. FAVRE in *Recherches géologiques sur les parties de la Savoie et de la Suisse voisines du Montblanc* vergessen waren, gab sie Anregungen zu mancherlei Diskussionen.

KELLER sprach in dem Züricher Neujahrsblatt vom Jahre 1841 den uns bekannten Satz aus: „Wir finden die Karren mit Ausnahme der Jurakette in jeder Art Kalk“; und nachdem B. STUDER in seinem Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie diesen Satz bei der Besprechung der Schrattenfelder sanktionirt hatte, hat er sich bis zur heutigen Zeit aufrecht erhalten, und HEIM entwickelt aus dem Nichtvorkommen der Karren in dem „in historischer Zeit von Gletschern verlassenen Jura“ einen Grund gegen ihren Zusammenhang mit dem Gletscherphänomen (cf. S. 379).

RATZEL benennt verschiedene Stellen des französischen und schweizerischen Jura, wo schön ausgebildete Karren, selbst die mit ihnen vergesellschafteten Trichtergruben, die kleinen Dolinen, vorkommen, und weist somit nach, „dass die so bestimmt behauptete Abwesenheit der Karrenbildungen im Jura auf Täuschung beruht.“

Die Jurahöhen fallen nicht in die Grenze des untern Schnees; dadurch widerlegt RATZEL die von verschiedenen Beobachtern geäußerte Ansicht, dass die Karrenbildung besonders in der Nähe der untern Grenze der Schneeregion (HEIM, SCHARDT, RICHTHOFEN) statthabe, um die chemische Einwirkung des Schnees erklärlich zu machen. Er nimmt mit FR. SIMONY die Maximalentwicklung der Karrenfelder mehr in mittleren Gebirgsstufen an.

Wo RATZEL von der innigen Vereinigung von Kalkfels und Humus redet, die in der Einlagerung des dunkeln Bodens in die zahllosen Aushöhlungen der Karrenfelder besteht, kommt er auf die Karrensteine zu sprechen, auf welche Kalksteinfragmente JACCARD mit Nachdruck aufmerksam macht — von Kalksteinfragmenten, die karrige Bildungen zeigen, berichtet auch schon ZIPPE; (cf. S. 348ff.), indem er den Gegensatz dieser hellfarbigen, ohne jeden Uebergang auftretenden zu dem dunklen Humus hervorhebt. Diese Gebilde, die von RATZEL zum ersten Mal „Karrensteine“ genannt werden, sind die seltsamsten des Kalksteins; sie sehen gebleichten, im dunkeln Humus liegenden Skelettheilen täuschend ähnlich. RATZEL schliesst aus der Form der Karrensteine auf ihre Entstehungsart.

„Scharfe Kanten vielfältig gebogener Flächen, scharf ausgezogene Spitzen, die bei rascher Bewegung im Wasser in der kürzesten Zeit abgeschliffen sein würden, cylindrische und spiralige Durchbohrungen und Anbohrungen, Abwaschung bis auf breite plattige Reste mit einzeln stehengebliebenen Knoten und Kanten sind ebenso bezeichnend für die Wirkungen des Wassers auf ruhendes Gestein, wie sie den eigentlichen Geröllformen entgegenstehen.“ Also sind die Karrensteine durch die rundenden Wasserwirkungen in ruhendem Zustande entstanden, sie sind nicht von Welle zu Welle getrieben und nicht zwischen andern Gesteinen hin und her geworfen worden, demnach auch mehr das „Launenhafte als das Gewaltsame“ der Wasserwirkung in ihren Formen und Gestalten.

Diese Erklärung der Entstehung der Karrensteine führt RATZEL auf die Entstehungsweise der Karren überhaupt. Auch hier stellen das Hauptkontingent der Gründe für die Erklärung die Formen der Karren.

Das charakteristisch Morphologische der Karren besteht ja in dem geselligen Auftreten zahlreicher, verschiedener Höhlungen im Kalk oder Dolomit. Regelmässige Rinnensysteme, die die Regel aller Gesteins- und Erdformen fließenden Wassers sind, kommen ganz vereinzelt zur Ausbildung. Ein richtungsloses Gewirre der Karrenrinnen herrscht zumeist vor, welche Eigenschaft sich im schroffen Gegensatze zu den bekannten Wirkungen des fließenden Wassers befindet. Nichtsdestoweniger prägen sich deutlich im Einzelnen dieser Hohlformen andere Eigenthümlichkeiten des fließenden Wassers aus, so Becken- und Nischenformen, hauptsächlich die Rinnenformen, die sich vielfach in geschweiften und bei grösserer Tiefe gewundenen Linien äussern und das Wesen der Karren bestimmen helfen. Ein weiterer Gegensatz zu der Wirkung fließenden Wassers ist bei der Karrenbildung zu finden; das fließende Wasser konzentriert seine Wirkung fortschreitend nach der Tiefe und verschont in derselben Masse die Gesteinsreste zwischen den Rinnen, „so dass jenen die Möglichkeit verbleibt, im Grossen und Kleinen als Platten, Bastionen, Mesas u. dgl. stehen zu bleiben.“ Die charakteristische Konzentration kann bei der Karren-

bildung nicht zur Geltung kommen, es muss dabei mehr eine in der Höhe und in der Tiefe gleich wirksame und in demselben Sinne wirkende Kraft thätig gewesen sein. — Mit solchen Darlegungen gewinnt RATZEL das Eigentümliche der Entstehung der Karrenfelder und zugleich einen Grund tiefern Interesses, „welches derselben inneohnt und welches durchaus nicht an der räumlichen Grösse der Erscheinung zu messen ist.“ Er sieht hierin das seltene Beispiel einer über weite Flächen ausgebreiteten diffusen Erosion. Wir haben hier eine Ansicht vor uns, die noch nie so scharf und bestimmt ausgesprochen wurde, — wobei es nicht so wichtig ist, ob chemische oder mechanische Erosion thätig ist. Diese Meinung wird bestärkt durch weitere gegensätzliche Vergleiche mit fast ähnlichen Formen, die durch die auf kürzestem Wege gerichtete Wirkung des fliessenden Wassers bestimmt werden.

Was bringt jene diffuse Erosion hervor? — RATZEL antwortet zunächst negativ: „Die Regentropfen können dafür nicht verantwortlich gemacht werden, weil sie erst nach längerem Fliessen über den Grund eine Wassermasse zu konzentriren vermöchten.“ Dabei würde die Auswaschung viel zu regelmässig und nicht so stark sein, wie sie bei den meisten Karrenformen vorausgesetzt werden muss. Schächte mit Spiralwindungen treten zuweilen auf; die erklären die Erosion durch Niederschläge durchaus nicht. — Eine viel ergiebigere Quelle als die Regenwolke muss dagewesen sein, die ihre Spuren dem Karrenfelde aufprägte, eine Quelle, die über dem Boden lag und von diesem viel unabhängiger war als das über ihn fliessende Wasser. Diese Quelle lässt sich erfahrungsgemäss nur in der konzentrierten Wassermenge grosser, angesammelter, zerklüfteter Schnee-, Eis- und Firnmassen finden. Die Schmelzwasser dieser Firn- und Eisansammlungen stürzten nach unten, gar oft senkrecht und brachten dadurch die wunderbaren Karrenformen hervor.

Die Gründe, die man einer Annahme der Entstehung jurassischer und alpiner Karrenfelder durch Schmelzwasser von Gletschermassen entgegenstellt, sucht RATZEL auf folgende Weise zu entkräften.

Er setzt als Karrenbildner zerklüftete Firnfelder, insbesondere Gletscher voraus, an deren Ende die Karrenbildung am lebhaftesten statthatte. (Karstkarren z. B.) Echte Karren sind auf dem Boden zurückgehender Gletscher nachgewiesen worden. Seichte Rinnen, deren Parallelismus an die Riefelung dorischer Säulen erinnert, sind keine Karren. Die Wirkungen von Bächen nehmen sich schwach neben Karrenrinnen aus, wie so manches blossgelegte Karrenfeld zeigt. Wird der Kalkstein von beständig fließendem Wasser überronnen, so entsteht öfter eine Auflagerung statt Auflösung; ein Kalkniederschlag setzt sich ab oder verstärkt sich zu einer Sinterkruste, und diese kann zuweilen noch mit einer in der dünnen Wasserschicht üppig gedeihenden Alpenvegetation verwachsen. — All diese Wirkungen sind auf Karrenfeldern nicht zu finden. Die todtliegenden Karrenfelder, die der Humusboden von Jahrtausenden oder der Hochwald bedeckt, sprechen gegen die Theorie der atmosphärischen Erosion. Noch haben nicht die Vertreter der Karrenbildung durch die atmosphärischen Wasser den Vorgang der Wirkung fließender Gewässer auf ihren Untergrund gesetzmässig bewiesen, eben da sie die Schwierigkeit und Unzulänglichkeit ihrer Ansichten fühlten. Und wenn viele annehmen, dass durch das beständige Abtröpfeln von Firn- und Schneewasser die Karrenentstehung vor sich gehe, so ist ihnen entgegenzuhalten, dass Karrenrinnen schwerlich auf solche geringe, wenn auch ziemlich dauerhafte Befeuchtung zurückgeführt werden können, und dass letztere keinen Vergleich aushält mit der ununterbrochenen Wasserwirkung an der Gletscherzunge oder Gletschersohle, auch vermag sie nicht deren Fallkraft zu ersetzen.

Die chemische Erosion weist RATZEL bestimmt zurück, indem er gegen sie folgende Gründe ins Feld führt.

Die Karrenfelder sind eigenthümlich verbreitet (es kommen fossile, d. h. trockengelegte vor); tiefe Strudelöcher und Schächte sind mit Karrenfurchen gemischt; die Rinnen sind unabhängig vom Gefälle, regelmässige Abstufungen mangeln zwischen höher und niedriger liegenden Karrenfurchen; Rinnenrichtungen kreuzen sich oft; und

endlich die Zuschärfung der Karrenfirsten, die früher als tieferliegende Theile aufgelöst werden müssten, ist unvereinbar mit der gesetzlichen Verlegung des Erosionsmaximums in die Tiefe. Das alles erhellt, dass RATZEL ein entschiedener Anhänger der mechanischen Erosion ist, die ganz allein, ohne jeglichen chemischen Beistand die Karrenfeldbildung bewirkt, sie schafft.

Die RATZEL'sche Auffassung der Karrenbildung ruht auf dem Grundsatz: „Jede Wasserform der Erde bietet ein Abbild der in ihrer Gestaltung thätigen Wassermasse.“ Die Karren zeigen Wasserformen, die durch steil, oft rechtwinklig auffallendes Wasser entstanden sind, das in zahlreiche Bäche und Bächlein zertheilt seinen Weg zur Erde fand. Das flüssig werdende Wasser des Firn, besonders des Gletschers kann nur diese Wirkung auf den Untergrund, den Boden haben, wie sie bei einer Karrenbildung vorausgesetzt werden muss. Darum ist das Karrenfeld eine durch einstige Firn- und Eisbedeckung gemodelte Bodenform und auf und vor dem Boden alter Gletscher- und Firnfelder zu finden.

Welche Stellung haben diese Ideen in der Entwicklung der Auffassung des Karrenproblems? Sie bezeichnen den Endpunkt der Ansichten, die bloss die chemische oder bloss die mechanische Erosion gelten lassen wollen, und damit zugleich den Anfangspunkt einer Theorie, die beide zusammenfasst.

Die geschichtlichen Darstellungen der Auffassung der Karrenfelder dieser Periode führten uns zuerst auf die alpinen Gebiete, in die sich die Schweiz, Frankreich und Oesterreich theilen; RATZEL führte uns weiter nach den Juralandschaften und jetzt gehen wir zu dem Karst über, dessen Karren in diesem letzten Zeitraum die meisten Beobachter zählt. Waren von ZIPPE, BOUÉ, ZITTEL schon in den Jahren vor 1870 einige wenige Bemerkungen über Karstkarren mitgetheilt worden, so werden sie jetzt eingehendern Studien mit speziellem Bezug auf ihre Verbreitung und Entstehung unterworfen.

Die hierher gehörigen Entstehungstheoretiker haben sich meist der HEIM'schen Erklärungsweise für die Karren-

bildung angeschlossen, so vor allen andern J. CVIJIC in Belgrad. In den geographischen Abhandlungen zu Wien erschien von ihm im Sommer 1893 eine morphologische Monographie „das Karstphänomen.“ Das erste Kapitel darin gilt den Karren, die CVIJIC als Oberflächenformen des reinen Kalksteins, bestehend aus schmalen Rinnen und dazwischen gelegenen Firsten, hinstellt. Diese typischen, echten Karren unterscheidet er nach PENCK'schem Muster von den breiten gewundenen Furchen, die durch rundliche Firste getrennt sind, die Auswaschkessel zeigen (SIMONY's Karren). Er hat seine Karrenstudien auf vielen Gebieten des Karstes unternommen und hat gefunden, dass weder Höhenlage noch räumliche Beschränkung auf alte Vergletscherungsgebiete für die Karrenverbreitung wesentlich sind.

Als erste Bedingung für das Vorkommen von Karren erscheint ihm das Vorhandensein von reinem Kalk, da Karren in den nördlichen europäischen Kreidegebieten, im mährischen Devongebiet nicht zu finden sind; diese Gebiete bestehen aus mergeligen und bituminösen Kalken. Er hat aber diese Annahme nicht durch Analysen bekräftigt. Fernerhin sind die Karren nur an steile Böschungen gebunden, wie sie sich z. B. gern an den steilen Gehängen der Dolinen zeigen. Auf horizontaler Oberfläche gehört ihr Auftreten zur Seltenheit. Gradezu als Gegensatz zur Karrenentwicklung hebt CVIJIC die typische Ausbildung der Dolinen als wesentlich solche hervor, die auf Plateaus beschränkt bleibt, „wo das atmosphärische Wasser nicht abfließen kann, sondern in die Fugen des Kalksteins versickern muss, wodurch die vertikale Erosion begünstigt wird. Auf steilen Böschungen, wenn dieselben nicht zu stark zerklüftet sind, fließt das Wasser oberflächlich ab und erzeugt durch seine subaerische Erosion Karren.“

Die Karren finden sich da, wo die Felsen nicht durch Vegetation oder Zersetzungslehm oder Schutthalden geschützt und wo sie andauernd mit Wasser benetzt werden.

Diese Bedingungen, die sich nur auf das Vorkommen der Karren beschränken, genügen ihm, um die Karren-

bildung lediglich der chemischen Erosion zuzuweisen und zwar der des abfließenden Wassers.

Ueberblickt man das von CVIJIC' Gesagte, so kommt man bald auf den Gedanken, dass die Karren des Karstes ganz andere Gebilde seien wie die Alpenkarren, wenn nur nicht diese mit in die Darstellung hineingezogen wären; denn im Gegensatz zu MOJSISOVICS, der die Karren der Alpen als Vertreter des Dolinenphänomens der Karstländer ansieht, sagt er, dass die alpinen auch im Karste vorhanden sind. Zu unsrer obigen Aussage berechtigt uns vor allem seine Darlegung, dass die Karren nur an steile Böschungen beschränkt seien. Nun zeigen aber Plateaueformen, wie die Silbern, das Hohe Ifenplateau, das Plateau des Hinter Kaisers u. a. m. die ausgezeichnetsten Karrenfelder und sind von Volk und Gelehrten eher als Karrenfelder bezeichnet worden, noch ehe Zippe zum erstenmal von karrigen Gebilden aus dem Gebiete des Karstes berichtete. Die von CVIJIC' geschilderten Karren verdienen kaum die Bezeichnung „Karrenfeld.“

Wenn er nachweist, dass die Karren in allen Höhenlagen und in den verschiedensten Klimaten vorkommen, so wird die aus geographischen Gründen von RATZEL vertretene Ansicht, dass die Verbreitung der echten Karren mit der Verbreitung der alten und neuen Schnee- und Eismassen zusammenhängt, noch lange nicht „haltlos“, wie sich CVIJIC' ausdrückt; denn RATZEL hebt gar wohl verschiedene Höhenlagen von Karrenfeldern hervor, und wird in seiner Verlegung von vielen Karrengebilden in die Nachbarschaft der Firngrenze — allerdings bei ihm als obere Grenze der Karrenverbreitung — von den namhaftesten Gelehrten unterstützt.

Es wäre sehr wünschenswerth gewesen, wenn CVIJIC' dem Karrenproblem in seinem Aufsatz über das Karstphänomen etwas mehr Aufmerksamkeit geschenkt hätte; denn gegenüber den andern berücksichtigten Karsterscheinungen sind die Karren offenbar stiefmütterlich behandelt worden.

CVIJIC' lernen wir nicht bloss als einseitigen Vertreter der chemischen Erosion, sondern auch als einseitigen

Beobachter des Karrenphänomens überhaupt kennen. Es ist eigen, dass er gerade für die Karren nur die chemische Thätigkeit annimmt, während er z. B. wieder so einseitig von den Avens (d. s. dolinenähnliche Oberflächengebilde) sagt, dass sie selbstverständlich nur durch eine vertikale mechanische Erosion entstehen, die die schmalen von dem Sickerwasser erweiterten Fugen zu Schloten und Röhren ausspült.

In den Darlegungen von CVIJIC' sind wir einmal kurz auf den österreichischen Geologen MOJSISOVICS zu sprechen gekommen, dessen Ansichten wir noch etwas eingehender hier berücksichtigen müssen. Durch seine zum grössten Theile neue Theorie über Karsttrichter und Karsthöhlungen ist er den alten Anschauungen über Einsturz bei diesen Phänomenen zu Leibe gerückt.*) Hin und wieder lässt er einige Bemerkungen über die Karrenfelder fallen, ohne sich eingehender mit ihnen zu beschäftigen. Die Hauptsache seiner zerstreuten Bemerkungen können wir kurz dahin zusammenfassen, dass er, da er sich fast ausschliesslich mit Karststudien befasst, die mit Karsttrichtern besäte „blattersteppigen“ Gehänge des Karstes mit den Karrenfeldern der nördlichen Kalkalpen vergleicht und aus dieser Vergleichung den Satz abgliedert: Die Karsttrichter der südlichen Kalkalpen sind die „Stellvertreter“ der in den nördlichen Kalkalpen vorkommenden Karren. Beide Erscheinungen haben die gemeinsame Eigenschaft des geselligen Auftretens und sind nach ihm die Hauptangriffspunkte der chemischen subaerischen Auflösung der Kalkfelsen, also zugleich Resultate ohne Ausnahme der chemischen Erosion des Gesteins durch Regenwasser und des in den Dolinen sich vorzüglich sammelnden Schnees.

MOJSISOVICS fasst die Karren als eine „Facies“ auf, die nur den nördlichen Kalkalpen eigen ist, während sie den südlichen vollständig fehlt, „trotzdem die äussern Bedingungen zur Bildung derselben in vielen Fällen erfüllt scheinen.“

*) cf. S. 362 und die Anmerkungen daselbst.

Gegen die letzt ausgesprochene Ansicht wendet sich nicht bloss CVIJIC', wie wir auf Seite 401 bemerkten, sondern vor allem E. TIETZE.

Der Kernpunkt der TIETZE'schen Polemik gegen MOJSISOVICS ist: Karren und Karsttrichter haben nichts mit einander zu thun. Zuerst wirft TIETZE dem MOJSISOVICS Unklarheit im Ausdrucke vor, wenn dieser sagt, dass ihn die mit Karsttrichtern besäten Gehänge des bosnischen Karstes an die Karrenfelder der nördlichen Kalkalpen erinnern. „Es kann jemand unter den Palmen des Südens wandeln und dabei daran denken, dass die Fichten des Nordens unter den Tropen nicht vorkommen, das ist richtig, wenn es sich aber um eine Untersuchung der Struktur der Palmenstämme handelt, dann wird er bei diesen Gedanken nicht wesentlich gefördert werden.“ Wenn die Entstehung der Karren und Karsttrichter dieselbe ist, so genügt das gemeinsame Merkmal des geselligen Auftretens nicht allein zu einem Beweise. Wohl kommen in unsern nördlichen Kalkalpen Karstphänomene vor, wie auch SIMONY nachgewiesen hat, aber sie sind von Karren völlig und mit Recht zu trennen. Umgekehrt ist aber auch das Fehlen der Karren im Karstgebiete nicht gänzlich ausgeschlossen. Darum geht es nicht an, die Karsttrichter für eine südliche „Facies“ der Karrenfelder zu halten, „so verlockend es auch sein mag, eine in der neuen Stratigraphie besonders erfolgreich angewandte Methode auf die Morphologie der Oberfläche zu übertragen.“ Selbst bei der Annahme einer reinen Erosion wird der Unterschied zwischen Karren und Karsttrichter weder genetisch noch morphologisch aufgehoben.

Meine Erfahrungen stehen zwischen MOJSISOVICS und TIETZE. Karstphänomene kann ich auch in den nördlichen Kalkalpen bestätigen. Karsttrichter und Karren sind durchaus nicht so unabhängig, es fehlt beiden nicht der kausale Zusammenhang, sie sind nur die verschiedenen Endpunkte ein und derselben genetischen Reihe.

Einer neuen Darstellung der Auffassung der Karrenfelder begegnen wir ausser dem markirten Unterschied zwischen Karren und Karsttrichtern bei TIETZE nicht. Er

fusst zumeist auf SIMONY, räumt ausser den Glazialwirkungen der reinen Erosion durch Regen und Verwitterung bei der Karrenbildung, sich auf GÜMBEL, HEIM und FUGGER beziehend, ein grosses Feld ein.

Seine Ansichten werden im Grossen und Ganzen von DRAGUTIN HIRZ in einer der Schriften der südslavischen Akademie in serbokroatischer Sprache wiederholt, ohne dass irgend etwas Neues hinzugefügt würde.

Von den südlichen Ausläufern des Karstgebietes in Griechenland, im Peloponnes berichtet A. PHILIPPSON, dass sie zuweilen Oberflächenformen zeigen, die den Schratten- und Karrenfeldern unsrer Alpen gleichen und deren Bildung durch die an Spalten eindringende auflösende Thätigkeit des Wassers mehr bedingt ist als durch die mechanische Zertrümmerung. Ob er aber an letztere denkt, wenn er z. B. sagt, dass Karren durch spülende Regenwasser herausgearbeitet worden sind, lässt sich aus seiner Darlegung nicht sicher entnehmen.

HASSERT beobachtete Karrenfelder auf seinen Reisen durch Montenegro. Am Durmitor fand er in einer Höhe von 2114 m ein Karrensystem, dass sich durch regelmässig nebeneinander gelagerte Vierecke, — demnach rechtwinklig sich kreuzende Spalten charakterisirt; doch auch aufgefrazte, zugespitzte, messerartige Formen sind nicht selten. Zweifelsohne sind die durch die chemisch auflösende Kraft der Niederschläge entstanden. Weitere Karrenfelder fand HASSERT zwischen Ostrog und Prekornica, ein ausgezeichnetes Gebiet an der mittlern Moraca, dessen Erhebung zwischen 250 m und 650 m schwankt. Die Entstehung dieses Karrenfeldes weist er der chemisch auflösenden Kraft des Wassers zu. Schmelzwasser einstiger Firn- und Gletscheranhäufungen sind hier ausgeschlossen, da im ganzen montenegrinischen Hochgebirge eine ehemalige Vergletscherung nicht nachgewiesen ist, ebenso andauernde Befeuchtungen mit Schnee, da sich der Schnee in dieser Meereshöhe nicht lange erhalten kann. „Da jedoch tiefe Cañons das Plateau durchschneiden, so muss es vor Zeiten wasserreicher gewesen sein, weil die Erosionswirkung der armseligen Rinnsale und der spärlichen Sommerregen, wie

wir sie heute finden, jene geheimnissvollen Gebilde kaum schaffen konnte.“ Mit dieser Perspektive auf andere klimatische Verhältnisse des Karstes schliesst HASSERT seine Betrachtungen über die Karrenfelder, ohne dem letzten interessanten Gedanken tiefer nachzuspüren. Eingehende Untersuchungen über das Verhältniss von Karren und Dolinen hat er soeben in seiner Physischen Geographie von Montenegro (Ergänzungsheft zu Petermanns Mittheilungen) veröffentlicht.

Darin bezeichnet HASSERT die Karrenfelder als „eine durch gewisse Vorbedingungen beeinflusste und veränderte Dolinenfacies.“ Er spürt mithin dem Gedanken von MOJSISOVICS näher nach; bringt ihn zu grösserer Klarheit und zu einer für unser Phänomen günstigeren Anwendung. Persönliche Aussprachen mit ihm haben erwiesen, dass wir beide durch selbständige Beobachtungen zu Resultaten gelangt sind, die in mancher Beziehung Gleiches haben. Ueber die Aehnlichkeit und den Unterschied meiner Auffassung zu der von HASSERT wird meine Abhandlung über die Entstehung der Karren den nötigen Einblick gewähren.

Nicht allein das Festland Griechenland zeigt karrige Gebilde, sondern auch die griechische Inselwelt an der Westseite des Kontinents. In einer ausführlichen Beschreibung über Kephalaria und Ithaka weist PARTSCH bei der tiefgreifenden löcherigen Verwitterung der Kalksteine der Jonischen Inseln hin, wie auf Gipfflächen die Zerstörung des Kalkgesteins durch die chemische Lösungskraft kohlensauren Wassers zur Schrattenbildung wird. Wo das Gestein nackt zu Tage tritt, zeigt es mehr die Buckelformen, zwischen denen die rothe Erde „terra rossa“ in kleinen Wannen angesammelt ist.

Bei all diesen Gebilden soll nur die Atmosphäre wirken, während die ähnlichen Wirkungen am Meeresufer, von denen auch PARTSCH redet, das Meerwasser erzielt, ob chemisch oder mechanisch, darüber lässt er uns im Unklaren.

Es ist übrigens zweifelhaft, ob man solche litorale Gebilde als Karren bezeichnen kann; und wenn sie die die Karren so auszeichnenden Spülformen haben, dann würden

wir sie mehr der mechanischen Agens der Meereswellen zuweisen.

Von litoralen Karren spricht auch G. STACHE als von Reliefformen, die den Typus der alpinen Karrenfelder nachahmen und dort am schönsten sich darbieten, wo sie in dickbankigen, dichten oder feinkrystallinischen Kreidekalk oder Eocänkalk eingegraben sind. Das Phänomen recht erkennend, weist STACHE darauf hin, dass die durch RICHTHOFEN für die echte Karrenbildung des Hochgebirges gegebene Erklärung sich schwer mit der Entwicklungsgeschichte des Küstenlandes vereinigen lasse, giebt aber selbst keine Erklärung dafür.

Von solch ähnlichen Oberflächenformen an der Küste der Bucht zwischen Punta Pizzale und Punta Maturaga im Norden von Parenzo berichtet HILBER. Er schreibt neben der Meereswellenwirkung bei der Bildung von litoralen Karrenfurchen einen gewissen Antheil an der Abtragung der Küste den Atmosphärrillen zu. Die Spuren des Abwaschens des Regenwassers zeigen sich an den Steilwänden der Meeresküste ebenso wie an den Steilwänden der Gebirgsplateaus.

In seiner ausführlichen geologischen und geographischen Beschreibung des Libanon gedenkt C. DIENER der Karren dieses Gebirges und zieht Parallelen zu den Karren im Karst und in den Alpen. Er nimmt fast dieselbe Stellung wie TIETZE zur mechanischen und chemischen Erosion und zu denselben Autoritäten ein, die über das Karrenphänomen Untersuchungen anstellten. Was ihn von TIETZE unterscheidet, ist die Schutznahme FUGGER's in seiner Erklärung der Karsttrichter und des MOJSISOVICS in seiner Ansicht über Karren- und Karsttrichterbildung gegen die polemischen Meinungen TIETZE's. Uns interessirt natürlich bloss der zweite Punkt. Da die Karsttrichter und Karrenfelder — DIENER hat hierbei nur die durch atmosphärische Erosion gebildeten Karren im Auge — nur „durch lokale Ursachen differenzirte Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge“ entstanden sind, hält er es für kaum begreiflich, wie für das in Rede stehende Phänomen eine andere Erklärungsweise Platz greifen konnte als die von MOJSISOVICS. Hier

muss ich allerdings DIENER entgegenhalten, dass MOJSISOVICS den Ausdruck „Facies“ in dem Sinne gebraucht, dass er die Karrenfelder als nördliche „Facies“ der Karsttrichter auffasst. Dies hat meiner Meinung nach TIETZE richtig verstanden und zurückgewiesen. Und DIENER widerspricht sich dann selbst, wenn er sagt, dass die Forscher der Hochgebirge das Phänomen der Karsttrichter „nicht allein in den Karstländern, sondern auch auf den Hochplateaus der Nord- und Südalpen in Vergesellschaftung mit einer zweiten Art von Erosionserscheinungen, den Karrenfeldern, kennen gelernt haben!“

Ueber Karren, deren Entstehung nach SIMONY und späterhin nach RATZEL auf die mechanische Wirkung der Schmelzwasser einstiger grosser, weitausgedehnter Gletscher zurückzuführen ist, weiss DIENER zu erzählen aus den Felsrevieren in der Nähe des Maria-Theresia-Schutzhauses, des Plateau Pekel und des Triglav. Wie uns bekannt ist, nahm SIMONY späterhin auch Karrenbildungen ausserhalb des Hauptbettes alter Gletscher an. Solche Karrenerscheinungen, die ausschliesslich ihre Gestaltungen der Erosion der Hydrometeore auf blossgelegtes Gestein verdanken, sind einzig und allein im Libanon in einer Höhenzone von 1000 m bis 2000 m am besten entwickelt und führen bei den Bewohnern daselbst den Namen berriet el-hadschar, d. i. Steinwüsten, geradeso wie unsere Aelpler derartige Anhäufungen charakteristischer Gesteinsformen zu nennen pflegen.

Gletscher waren vermuthlich im Libanon nur gering verbreitet, denn die typischen Moränenablagerungen, Zirken und Schotterterrassen mangeln in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Thäler, und die eigenthümlichen Oberflächenerscheinungen, die in den europäischen Kalkalpen an die Bezirke einstiger Vergletscherung gebunden sind, fehlen auch. Darum ist hier die glaziale Karrenbildung ausgeschlossen. Die Steinwüsten sind am Libanon weniger in ihrer typischen Entwicklung an bestimmte Höhenzonen gebunden als vielmehr an bestimmte Formationsglieder, so an den Arâja-, den Libanonkalkstein, an die Hippuriten-

kalke des Turon, wie an die kalkigen Zwischenlager des Trigonien-Sandsteins.

Das Aeussere eines Karrenfeldes im Libanon bietet sich ungefähr in folgender Weise dar. — Ein undurchdringliches Labyrinth riesiger Felswürfel, die oft eine vertikale Höhe von 15 m haben und in den Alpen nicht ihresgleichen finden, starrt dem Beschauer entgegen. Diese Würfel bestimmen den physiognomischen Charakter der Steinwüsten, und DIENER vergleicht sie mit den Séracs eines Gletscherstromes. Die ganze Gesteinsmasse zeigt eine solche Auflösung in kubische Massen durch vielfach an einander gereihte, schachtartige Vertiefungen. Jeder Felskubus ist durch die mannigfaltigsten Erosionsfurchen weiter modellirt zu einem Chaos von Rippen und Schneiden, Höckern und Klippen. DIENER's Freund GEYER will fast ähnliche Gebilde in den Kesselwüsten zwischen dem Schönberg (2093 m) und Scheiblingkogel im Toten Gebirge gesehen haben.

Wenn wir so der Schilderung DIENER's folgen, kommt uns nichts weniger als der Vergleich mit Karrenfeldern. Meine eigene Beobachtung sagt mir, solche Erosionsgebilde nicht „Karren“ zu nennen, sondern sie nur als „karrig“ zu bezeichnen; auch kann ich in der den Auseinandersetzungen DIENER's als Karrenfeld beigegebenen Abbildung keinen Karrentypus erkennen. Er scheint selber zu fühlen, dass der Ausdruck „Karrenfeld“ für jene Gebilde im Libanon ein nicht ganz glücklicher ist, indem er bemerkt, dass sie einen von den am meisten verbreiteten Karrenbildungen der europäischen Alpen einigermaßen abweichenden Typus darstellen.

Noch in einer andern Beziehung kann ich mich mit den DIENER'schen Ansichten nicht einverstanden erklären. Karrenfeldern und Karsttrichtern, beiden Karsterscheinungen theilt man gleiche Entstehungsfaktoren zu: Schnee und kohlenauerhaltig atmosphärisches Wasser. Unter welchen Bedingungen kommt aber diese oder jene Reliefform zur Ausbildung? DIENER giebt dahin den Ausweis, dass die Bildung von Karrenfeldern durch reine, gut geschichtete Kalksteine, jene von Karsttrichtern dagegen durch ein

dichtes, minder deutlich geschichtetes Material begünstigt wird, wie es innerhalb und in der Nähe ausgedehnter Riffmassen zu beobachten ist. So sind z. B. die Karsttrichter des Untersberges in eine durchaus dichte, ungeschichtete homogene Riffmasse, deren exakte Gliederung durchzuführen bisher noch nicht gelungen ist, eingesackt, ebenso die Karsttrichter des Plateaus der Trisselwand im Toten Gebirge, während in den übrigen Partien dieses Gebirges der Dachsteinkalk in seiner geschichteten Facies der Erosion in der Form von Karrenfeldern entgegenkommt. Der vorhin erwähnte GEYER ist in dieser Beziehung mit DIENER gleicher Meinung, wenn er von der Trisselwand des Toten Gebirges schreibt, dass sie aus jüngern Kalken aufgebaut ist, die trotz ihrer Reinheit infolge der Neigung zur vertikalen Klüftung der Bildung von Karrenfeldern abhold sind; in solchen Gesteinen treten aber gern die bekannten Karstdolinen, Karsttrichter auf.

Soweit ich die Litteratur über diese Phänomene kenne, liegen keine Beobachtungen vor, die diese zwei Arten von Karsterscheinungen auf eine geschichtete Facies und eine Riffacies des Kalksteines beschränken; im Gegentheil liegen solche vor, die Karren und Karsttrichter in einem und demselben Kalksteine erwähnen, so z. B. im ganzen adriatischen Karste (Cvijić). Das ist wohl ganz richtig, dass der Kalk des Untersberges, in den die Karsttrichter eingesackt sind, eine ganz inhomogene Schichtmasse darstellt, aber in demselben inhomogenen Kalkstein sind zuweilen Karsttrichter mit Karrengebilden vergesellschaftet.

Mit DIENER schliessen wir sowohl die geschichtliche Darstellung der Auffassung der Karstkarren als die über exotische Schratten, denn ausser den Notizen von FELIX und LENK über die seichten Karrenrinnen an verschiedenen Punkten der mexikanischen Hochebene in 1500—1600 m Höhe liegt mir über aussereuropäische Karren keine Litteratur vor.

Wohl aber ist man bei genauern Durchforschungen deutscher Gebiete auf karrenähnliche Gebilde gestossen; denn überall lassen sich in Gesteinen, die den Erosionswirkungen sehr zugänglich sind, karrige Gebilde finden.

So vergleichen GUTBIER und später HETTNER die von Höckern, Leisten, Löchern und Furchen durchzogene Felsoberfläche mancher Gebiete der Sächsischen Schweiz mit den Karrenfeldern der Schweizeralpen, wenngleich sie an Grösse weit hinter denselben zurückbleiben. Aber auch hier pflegen die Furchen vom Gipfel des Felsblockes nach allen Seiten abzufallen. Diese Eigenthümlichkeit weist HETTNER mehr der Thätigkeit des Windes als der des Wassers zu; das Wasser selbst hat hier natürlich nicht chemisch, sondern mechanisch gewirkt. Im Ganzen und Grossen lassen sich diese porösen Sandsteingebilde schwer mit unsern Kalksteinformen vergleichen.

Von thatsächlichen Karren redet man bei der zerrissenen Oberfläche anstehenden reinen Kalksteins im Erzgebirge in der Nähe von Elterlein und bei Hermsdorf Näheres erfahren wir darüber von A. SAUER in dem Begleitwort zur Sektion Elterlein, ebenso von R. BECK zur Sektion Nassau der geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, die von H. CREDNER herausgegeben ist. SAUER giebt folgende Erklärung für die Karren des Erzgebirges: Sie sind das Produkt der lösenden Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf Kalkstein. Je reiner und gleichmässig körniger das Gestein ist, um so leichter und schneller entwickelt sich der Vorgang. Dichtere Texturstellen im Kalke widerstehen am längsten der Auflösung; und so stehen die scheinbar launisch gestalteten Furchen im kausalen Zusammenhang mit der Struktur des Kalkkörpers. Als weitere Erklärung giebt SAUER HEIM's Ansicht wörtlich wieder mit dem Hinweis, dass sie völlig auf die erzgebirgischen Gebilde passe. Von weiterer Beachtung sind die Arbeiten von SAUER und BECK insofern, als ihnen Kalksteinanalysen beigegeben sind. Die Durchschnittsanalysen zweier Qualitäten des Kalksteins aus der Gegend von Elterlein zeigen, dass er ziemlich rein ist:

	CaO	MgO	CO ²	Fe ² O ³	Unlöslich
I.	54,0	1,6	42,0	0,3	1,8
II.	49,3	5,3	43,4	0,3	1,3

Diese Analysen zeigen uns eine Zusammensetzung, nach der im ersten Fall 94,9%, im zweiten 86,9% reines Calciumcarbonat im Kalkstein enthalten ist. Ueber die chemische Zusammensetzung des in den Kalksteinbrüchen bei Hermsdorf zuckerkörnigen, rein weissen, selten infolge von Beimengung kleiner Eisenkieskryställchen, Chlorit-schüppchen und Quarzkörnchen graublau gebänderten Kalksteins geben folgende von E. GEISSLER in Dresden im Auftrage des Kgl. Forstrentamtes zu Frauenstein ausgeführten Analysen Aufschluss:

	Kalkstein, grauweiss, aus Walters Bruch	Kalkstein, grauweiss, aus dem Versuchs- stolln im fiska- lischen Bruch	Kalkstein, grauweiss, aus dem Tage- bruch
Kohlensaurer Kalk	94,00	97,85	97,14
Kohlensaure Mag- nesia	3,32	0,84	1,42
Eisenoxyd	0,15	0,08	0,07
Thonerde	0,05	0,02	0,03
In Salzsäure Unlös- liches (Sand)	2,26	0,96	1,26
Spuren anderer Ver- bindg. u. Verlust	0,22	0,25	0,08

HEIM ist es immer wieder, dem man eine führende Rolle bei den Erklärungsversuchen der Karrenbildung zuschreibt. Das sehen wir, wenn wir auf die gesammten Abschnitte der vierten Periode zurückblicken; durch ihn sind die Untersuchungen der meisten Forscher bestimmt worden. Wir sehen ferner, dass sich SIMONY und RATZEL zu ihm im Gegensatz befinden, dass man die von ihnen als echte Karren hingestellte Gebilde als unechte betrachtet. Wir erkennen, dass keiner der sorgfältigern Beobachter des Karrenphänomens mit dem andern übereinstimmt, wenn sie sich auch gegenseitig Rechte zugestehen. Bald hat man den Vorgang der Karrenbildung als einen abgeschlossenen betrachtet, bald als einen fortdauernden, man spricht von fossilen und toten Karren, selbst von versteinerten.

Die „versteinerten Karrenfelder“ erwähnen wir mit Fleiss erst hier am Schluss des Kapitels wegen ihrer Eigenart. BRÜCKNER spricht von ihnen in seiner Abhandlung über die Vergletscherung des Salzachgebietes. Ich meine, der Begriff „Karrenfeld“ ist durch ihn zu weit gefasst worden, wenn die Taschen und Rinnen, womit der Crinoidenkalk in den Dachsteinkalk eingreift, diese Begriffsbezeichnung verdienen sollen. Sollte hier wirklich ein Karrenphänomen vorliegen, so fordert es noch gründlichere Untersuchungen.

Die vielseitigsten Beziehungen hat man an die Karren angeschlossen; auch ihr Verhältniss zur Aesthetik des Gebirges ist gewürdigt worden durch A. BALTZER in seiner anerkannt vorzüglichen geologischen Monographie über den Glärnisch. Wunderschön und anregend in ihrer eignen Weise sind die Abschnitte über die Ornamentik und den Aufbau der Kalkgebirge und ihren Unterschied vom Urgebirge; dabei konnte er die Karren nicht unberücksichtigt lassen, die für die Ornamentik der Kalkgebirge im kleinen einen nicht zu übersehenden Beitrag liefern.

Hie chemisch! — hie mechanisch! das ist im Ganzen und Grossen die Parole der einzelnen Richtungen. Besonders für die Karstkarren wird die chemische Erosion in Anspruch genommen, und wenn von den einzelnen Forschern des Karstes die von SIMONY als Karren bezeichneten Gebilde als solche nebenher mit geltend gelassen werden, so scheint es, als ob dies mehr aus Pietät gegen den greisen Naturforscher als aus eigener Ueberzeugung geschähe, mit Ausnahme vielleicht bei DIENER. Eine thatsächliche Verbindung aber zwischen chemischer und mechanischer Erosion und keine einseitige Trennung beider Wirkungen finden wir bei keinem Beobachter sicher und bestimmt ausgesprochen; nur SONKLAR sagt in seiner allgemeinen Orographie, dass die Schratten auf schwach geneigten ebenen Hängen des Kalkgebirges durch „die vereinigte Arbeit der chemischen und mechanischen Erosion“ des Wassers entstehen und zwar dort am leichtesten, wo das Wasser der Streichungsrichtung der Schichten folgen kann. Durch die mechanische Kraft und durch die mitgeführte Kohlensäure werden

zwischen den Kalkblättern, wo der Kalk am leichtesten zersetzbar ist, kleine Rillen eingragt, die sich bald erweitern und riesige Dimensionen annehmen können. Auf weitere Ausführungen müssen wir leider bei SONKLAR verzichten.

Das sei die letzte Wiedergabe einer besondern Ansicht in unserer Geschichte der Auffassung der Karrenfelder! — Wir können jedoch von der vierten Periode nicht scheiden, ohne ein Wort von den geologischen und geographischen Lehr-, Handbüchern u. dgl., die das Karrenphänomen nicht unberücksichtigt lassen, gesprochen zu haben.

Dabei können wir uns kurz fassen; denn fast alle Verfasser geben in der Frage der Karrenbildung weniger Originales als vielmehr Auszüge der HEIM'schen Darlegung, manchmal zu kurz und mitunter der nöthigen Klarheit entbehrend in Bezug auf die Geltendmachung irgend einer Erosion. Ein Verfasser macht davon, sich an HEIM anzulehnen, eine allerdings wenig rühmliche Ausnahme. Wir meinen UMLAUF, der in seinem Handbuch der gesammten Alpenkunde nur ein Plagiat über die Karren bringt; dazu hat er sich das unglücklichste Vorbild gewählt, denn er schreibt alles wörtlich, ohne es näher zu vermerken, von BERLEPSCH ab. Von den älteren Gelehrten lässt C. VOGT in seinem Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde die Karren nicht unberücksichtigt; etwas Neues für die Bildung des Phänomens erfahren wir nicht durch ihn. Das einzig Neue — aber auch in jeder Hinsicht unbegründete —, was VOGT bringt, ist, dass er aufmerksam macht auf Karrenfurchen „in krystallinischen primitiven Felsmassen, namentlich auf Granit und Gneiss.“ LAPPARENT giebt in seinem *Traité de Géologie* einen einseitigen Auszug der HEIM'schen Untersuchungen. An diese schliessen sich weiterhin an S. GÜNTHER, FR. HOCHSTETTER, M. NEUMAYR und A. SUPAN. In die Darlegung SUPAN's spielen noch etliche SONKLAR'sche Ideen mit hinein. NEUMAYR nimmt ausser auf HEIM noch auf FUGGER Bezug und verwirft im Gegensatz zu PENCK u. a. bei der Karrenbildung die starke Neigung der Kalksteinoberfläche. F. SENFT nimmt an, dass die schief

abfallenden Gesteinsflächen aus senkrecht aufgerichteten und abwechselnd weichern und härtern Schichten bestehen, z. B. aus Kalkstein und Thonmergel; die weichern Zwischenschichten werden durch das Regenwasser weggeschwemmt und die härtern bleiben als die Karrenwände stehen. K. FRITSCH schreibt der auflösenden Kraft des Regens besonders viel Wirkung zu, durch die sehr auffallende Oberflächenerscheinungen, sogenannte Karsterscheinungen hervorgerufen werden; zu diesen gehören neben vielen andern die „Karren“ am Sentis, die „Schratten“ an der Geis, die „Lapiaz“ am Mt. d'Anterne. H. CREDNER begründet in seinen Elementen der Geologie die Karrenbildung auf die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen, oft mehr oder weniger kieseligen, thonigen oder porösen Kalksteinschichten. Darauf gründet sich weiter die verschieden gradige Auflösung und Wegführung des kohlensauren Kalkes; und dieser ganze Vorgang hat am besten da statt, wo der Schnee lang liegen bleibt und durch sein Schmelzen die Unterlage nass erhält. — Ueber die genaue Titelangabe der Werke der einzeln hier genannten Autoren vergleiche das dieser Abhandlung beigegebene Litteraturverzeichniss.

Zurückblickend auf den letzten Zeitraum von 1870 an erkennen wir, dass die Gegensätze der dritten Periode bestehen bleiben und sich scharf zuspitzen, dass die verschiedensten Karrengebilde berücksichtigt werden, dass sich der Horizont ihrer Verbreitung erweitert, dass sich die Untersuchungen über ihre Entstehung vertiefen. Die letzte Periode besitzt darin ihren besonderen Werth, dass sie Andeutungen für weitere Untersuchungen giebt. Diese sind:

Eine Trennung von mechanischer und chemischer Erosion ist bei der Karrenbildung nicht anzunehmen, sie läuft auf Einseitigkeit hinaus.

In der vereinten Arbeit der mechanischen und chemischen Erosion kann das Produkt der Wirkungen der einen auf Kosten der andern grösser oder kleiner sein.

Noch andern Faktoren als bloss den Wirkungen des Wassers — ganz gleich, ob chemisch oder mechanisch — ist bei der Karrenbildung nachzuspüren.

Die echten Karren sind als ein eigenartiger Formentypus der Erdoberfläche aufzufassen.

Die Karrenformen sind den Spülformen fließenden Wassers am ähnlichsten.

Jede Wasserform der Erdoberfläche ist das Abbild der sie bewirkenden Wassermasse.

Diese am Schlusse aufgestellten Punkte waren die Leitsterne bei meinen Forschungen in den Karrengebieten der nördlichen Kalkalpen. Auf zwei längeren Reisen habe ich mein Augenmerk lediglich auf diese Oberflächenercheinungen gerichtet. Eingehendste Studien förderten den Aufbau einer wesentlich neuen Theorie. Diese zu erhärten soll das Ziel einer folgenden Reise in mir persönlich unbekannte Karrengebiete sein. Meine eigenen Beobachtungen gedenke ich aber im Laufe des nächsten Jahres zu veröffentlichen. — Zugleich bitte ich am Schluss, mir entgangene litterarische Nachweise über Karren oder Schratten gütigst zusenden zu wollen.

A n h a n g.

Die bildliche Darstellung der Karrenfelder.

Mit der wörtlichen Darstellung von der Auffassung der Karrenfelder geht vielfach Hand in Hand die bildliche. Auch diese hat ihre Geschichte! Waren wir in der Geschichte der Auffassungen der Karrenfelder zur bessern Klarlegung der einzelnen Autoren manchmal gezwungen, eine nicht ganz objektive Darstellung zu geben, so fühlen wir uns in diesem Abschnitt erst recht veranlasst, einen subjektiven Massstab an die bildliche Wiedergabe zu legen.

Die Bedeutung des Landschaftsbildes als naturhistorisches und geographisches Veranschaulichungsmittel erfreut sich schon lange einer stetig wachsenden Anerkennung. Doch trägt man dem malerischen Effekt und der ästhetischen Wirkung oft zu sehr Rechnung, was wohl das Auge eines Laien befriedigt, das eines Forschers nicht, der sich oft vergeblich müht, ein instruktives und wissenschaftlich verwerthbares Moment zu finden. Es ist nicht selten, dass man betont hat, die Abbildung, ja die blossе Skizze müsse ein wissenschaftliches Moment enthalten. O. PESCHEL weist mehrmals darauf hin, so z. B. in seiner Geschichte der Erdkunde bei der Behandlung von CARSTEN NIEBUHR und bei W. SARTORIUS von Waltershausen; von letzterem sagt er, dass kein Tag verstrich, ohne dass er eine Skizze entwarf, denn das Zeichnen nach der Natur sei das wirksamste Belehrungsmittel für den innern Bau der Gebirge. Viele Seiten wären mit Leichtigkeit voll zu schreiben, wollte man der mehr oder minder angesehenen

Stellung der Zeichnung in der Erdkunde nachspüren, begnügen wir uns aber nur mit dem, was auf die Karrenfelder Bezug hat!

Die bildliche Darstellung von Schrattenfeldern setzt in der Geschichte unsers Problems viel später ein als die wörtliche. KELLER's Arbeit geht auch in dieser Beziehung als Leuchte voran; sie bringt die erste bildliche Wiedergabe eines Karrenfeldes als kolorirtes Schwarzdruckbild, wenn auch etwas stilisirt, aber doch so gut, dass sich spätere Abbildungen oft sehr weit hinter sie verstecken müssen. Die Stilisirung besteht darin, dass nur Säulen, Prismen, Gesteinsnadeln und Zacken nebeneinander parallel aufgerichtet erscheinen, während die charakteristischen Hohlformen fast ganz verloren gehen. Dies kolorirte Bild wurde verkleinert als lithographischer Nachdruck in B. STUDER's Lehrbuch der physikalischen Geographie wiedergegeben nebst einem idealen Durchschnitt durch ein Karrenfeld.

Auf Tafel XXXI, Abbildung 231 giebt GÜMBEL in seiner geognostischen Beschreibung des bayrischen Alpengebirges und seines Vaterlandes eine Figur, die ein Karrenfeld darstellen soll. Es ist keine gute Darstellung, zu sehr stilisirt und zeigt ausser einer einzigen grossen Rundform in einer Rinne nur scharfe Firste und scharfe Rinnenboden; demnach ist sie ziemlich falsch. In GÜMBEL's Grundzügen der Geologie befindet sich ein Bild: Karrenfeld des Steinern Meeres zwischen Schottmallhorn und Viehkogel bei der Funtenseealpe. Eine so herzlich schlechte bildliche Wiedergabe eines Karrenfeldes habe ich nie wieder gefunden. Es ist einfach nichts von Karren zu sehen, höchstens schwarze Striche auf grauem Grunde, mehr die Wanderung des Heerwurmes als ein Karrenfeld darstellend. Wenn textbegleitende Abbildungen nicht besser ausfallen, dann sie lieber ganz weglassen, damit keine falsche Vorstellung erweckt werde! — Etwas besser ist die Abbildung eines Karrenfeldes in C. VOGT's Lehrbuch der Geologie.

Zwei kleine Zeichnungen bringt WALTENBERGER zu seinem Aufsatz über den Hohen Ifen; sie wiederholen ganz

gut einmal die scharfen Formen eines Karrenfeldes, andermal die runden.

Dagegen zeigen die Abbildungen, die HEIM seinen Publikationen über Karren beigibt, lediglich die Formen, die sich nur durch scharfe Firste und runde Boden der Furchen auszeichnen. Er giebt von diesen Karrengebilden auch einen Durchschnitt, den wir bei GÜNTHER und RICHTHOFEN wiederfinden. SUPAN reproduziert sowohl die Abbildung als den Karrendurchschnitt von HEIM.

FUGGER's Untersuchungen über die Karrenfelder am Untersberg sind von Abbildungen begleitet, deren eine ein Karrenfeld mit runden, mehr niedrigen Karrenfirsten darstellt und mithin nicht so recht zu dem Texte, wir meinen zur Theorie FUGGER's, passt.

DIENER giebt auf Tafel II seines Libanonwerkes eine photographische Nachbildung eines von ihm zwischen Aka und Meirûbah aufgenommenen Photogramms. Dadurch sollen die Karrenfelder des Libanons zur Anschauung gebracht werden. Es ist hier eine getreue Illustration der merkwürdigen morphologischen Oberflächenerscheinung des Libanon vorhanden. Je länger ich mir das Bild betrachte, desto mehr kommt mir zum Bewusstsein, dass die auf ihm versinnbildlichten Verwitterungsformen mit Karrenbildungen nicht identisch sind. Es fehlt eben ganz und gar jene charakteristische Nebeneinanderlagerung von runden und scharfen Firsten, getrennt durch runde Bodenformen.

In UMLAUFT's Handbuch der Alpenkunde befindet sich ein ziemlich schlechter Holzschnitt von SIMONY's Abbildung: Das Karrenfeld auf der Wieselpe. SIMONY führt es aber auf glazialen und nicht auf chemischen Ursprung zurück wie UMLAUFT. Mit dieser Abbildung gewinnen wir den Uebergang zu dem grössten Meister bildlicher Darstellungen auf unserm Gebiete, zu FRIEDRICH SIMONY.

Jahrzehnte hat SIMONY verwendet, um alpine Probleme zur bildlichen Anschauung zu bringen. Er ist ein Vertreter der Zeichnung als unentbehrliches Anschauungsmittel, wie wir es kaum bei einem Gelehrten wiederfinden. Das spricht er schon 1852 aus in einem Aufsatz über die Be-

deutung landschaftlicher Darstellung in den Naturwissenschaften im Wiener Sitzungsbericht der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Darin betont er vor allem „die auf tiefere Naturkenntniss gegründete wissenschaftliche Zeichnung und ihre Bedeutung in allen Zweigen des phisikalischen Wissens, welche auf die Gestaltung des Terrains, auf die Verschiedenartigkeit der Formation unserer Erdfeste und auf die Entwicklungsstufen des organischen Lebens in verschiedenen Zonen und Höhen Rücksicht zu nehmen hat.“ Die erste Originalzeichnung von einem Karrenfeld, dem der Ochsenwiesalpe, veröffentlichte SIMONY im Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins 1871. Wenn die chromolithographische Reproduktion auch eine ungenügende ist, so steht das Bild doch weit durch die Wiedergabe eines wirklichen landschaftlichen Eindrucks über alle bis dahin vorhandenen Abbildungen der Karrenfelder, selbst das kolorirte Blatt in KELLER's Aufsatz ist nicht ausgenommen. In seinen Beiträgen zur Physiognomik der Alpen bringt er auf Tafel IV eine Reproduktion des Karrenfeldes der Wiesalpe in Phototypie. Durch photographische Aufnahmen unterstützt, veröffentlicht SIMONY in seinem grossen Werke über das Dachsteingebiet ganz besonders charakteristische Abschnitte von Karrenfeldern des Dachsteinmassivs.

Die vorliegenden Tafeln, die sich auf das Karrenphänomen beziehen, sind bis jetzt folgende:

Tafel V: Rundhöcker am Eingange der Wiesalpe.

Tafel VI: Karrenfeld in der Wiesalpe.

Tafel VII: Karrenfeld nächst der Ochsenwieshöhe.

Tafel IX: Das Wildkar vor Losbrucheines Schneesturms.

Tafel XIII: Partie im Wildkar.

Tafel XXIII: Aussicht vom Hirzberg auf den westlichen Theil des Dachsteinplateaus.

Tafel XL: Die Ochsenwiesalpe.

Tafel XLIV: Dolinenbildung im Karrenterrain am Gosauer Gletscher.

Tafel XLV: Der eisfrei gewordene Theil des Bettes des Gosauer Gletschers.

Tafel VI, worauf sich das charakteristische Karrenfeld der Wiesalpe, das durch die Schmelzwasserwirkung

alter Gletscher entstanden sein soll, zeigt, erscheint in sehr vergrössertem Massstabe in der Reihe der Wandtafeln für den Unterricht in der Geologie und physischen Geographie, herausgegeben von H. HAAS (Verlag Lipsius und Fischer in Kiel).

Karrenfeld in der Wieselpe (Dachstein).



Diese Abbildung ist eine autotypische Verkleinerung der besagten Anschauungstafel; gewiss ein guter Gedanke von HAAS, unsere Erosionsform als Anschauungsmaterial für die Umwandlungen unsers Erdfesten anzuwenden.

Mehr oder minder gute Photographien, die wesentlich das Karrenphänomen veranschaulichen, sind auch vorhanden. Ausser den bei SIMONY aufgezeichneten giebt es Photo-

graphien von verschiedenen Theilen des Karrenterrains des Steinernen Meeres; die Karren der Sulzfluh hat IMMLER in Bregenz photographiert. MADER photographierte Karrenfelder in den Seealpen, HASSERT in den montenegrinischen Karstgebieten.

Eine andere Darstellung haben die Karrenfelder in neuerer Zeit auf einem andern Gebiete gefunden, und zwar auf dem kartographischen. Ich kann da nur einer gedenken, denn soweit ich alpine Detailkarten mit bestimmtem Augenmerk auf die Karrenerscheinungen angesehen habe, kenne ich bloss die schöne Darstellung auf Blatt 400 des eidgenössischen Atlas in 1:50 000, welches Blatt von dem Ingenieur FR. BECKER, den wir schon auf Seite 61 ff. kennen gelernt haben, mit grösster Sorgfalt aufgenommen ist. Es ist in der That ein klassisches Bild des Karrenphänomens, das verdient, selbst von dem Lehrer zur Erklärung jener merkwürdigen Oberflächenerscheinung herangezogen zu werden. Mit Leichtigkeit lässt sich von der Karte lesen, wie die Gegenden auf der Silbern, am Grieset, am Faulen, am Pfannenstock und am Mandliegg ganz anders beschaffen sein müssen als irgend ein Gebirgstock mit seinem Gewirr von Berggipfeln und Thalorganismen, wie hier vielmehr eine ganz eigenartige Anhäufung von kleinen Felszacken, Felsbuckeln, Felswänden, getrennt durch zahlreiche Furchen, statthat. — Dieser erste gelungene Versuch einer kartographischen Darstellung der Karrenfelder hat unsers Wissens nach noch keine Nachahmung gefunden, ist auch nicht durch eine andere Darstellung bis jetzt ersetzt worden, selbst nicht durch die Karte der Berchtesgadner Alpen von WALTENBERGER. Auch die Originalaufnahmen des Oesterreichischen Generalstabs im Massstabe 1:25 000 lassen merkwürdigerweise die Karrengebiete nicht als besondere Oberflächenphänomene erscheinen; man kann sie höchstens ahnen.

Im Laufe des nächsten Jahres gedenke ich das topographische Material, das ich vom Ifengebiet mitgebracht habe und durch eine folgende Untersuchungsreise berichtigen und erweitern will, zu einer Karte zu verarbeiten, bei der es mir vor allem darauf ankommen wird, die Karren auf den verschiedenen Höhenstufen herauszuarbeiten.

Litteraturverzeichnis.

Angabe der Autoren, die die Karren ausführlicher behandelt oder bloss erwähnt haben. (Alphabetische Ordnung.)

Die in Klammer [] gesetzten Zahlen bedeuten die Seiten, auf denen die betreffenden Autoren in vorliegender Arbeit berücksichtigt wurden.

Agassiz, Etudes sur les Glaciers. Neuchâtel 1840, S. 295 ff.

Agassiz, Système glaciaire ou recherches sur les Glaciers leur Mécanisme, leur ancienne Extension et le Rôle qu'ils ont joué dans l'Histoire de la Terre, par M. M. L. Agassiz, A. Guyot et E. Desor. Paris MDCCCXLVII, S. 582.

[31, 37, 43—46, 47, 54, 59, 74.]

Ammon, briefliche Mittheilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.

Baltzer, der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues. 1873, S. 16.

[92.]

Bargmann, der jüngste Schutt der nördlichen Kalkalpen in seinen Beziehungen zum Gebirge, zu Schnee und Wasser, zu Pflanzen und Menschen. — Wissensch. Veröffentlichung des Vereins für Erdkunde in Leipzig II. 1895, S. 12.

Beck, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. Bearbeitet unter Leitung von H. Credner. Sektion Nassau. Blatt 118, S. 16.

[90.]

Becker, die Karrenfelder des Exkursionsgebietes. Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs XIII. 1878, S. 85—105.

[61, 62, 67, 101.]

Berlepsch, die Alpen. 2. Aufl. S. 29—34.

Berlepsch, Schweizerkunde. Braunschweig 1875, S. 98, 106, 112, 249.

[32, 35, 47, 93.]

Bezold, naturwissenschaftliche Skizzen aus den Alpen von Berchtesgaden. 1869. V. Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins.

Boblaye, notice sur les altérations des roches calcaires du littoral de la Grèce. Journal de géologie 1831, III. S. 152, 156.

[28, 29.]

Borde, tableaux topographiques, pittoresques, physiques, historiques etc. de la Suisse. Ein Sammelwerk, herausgegeben von de la Borde. Paris 1780.

[12, 15.]

Boué, über die Karst- und Trichterplastik im allgemeinen. XLIII. Sitzungsb. der K. Akad. d. Wiss. in Wien 1861, S. 9.

[28, 46, 47, 79.]

Brückner, die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geogr. Abhandlungen, herausgeg. v. Penck. I. Bd. H. 1. S. 42.

[92.]

Charpentier, Essai sur les Glaciers. Lausanne 1841, § 35, S. 101 f.

[31, 32, 46, 47, 74.]

Christ, das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882, S. 300.

[63, 64, 67.]

Credner, Elemente der Geologie. 1883, S. 208, 209.

[90, 94.]

Cvijić, das Karstphänomen. Geogr. Abhandlg., herausgegeben v. A. Penck. 1893. Bd. V. H. 3. S. 218, 221—25, 228, 229, 323, 328.

[55, 80—82, 83, 89.]

Desor, der Gebirgsbau der Alpen. 1865, S. 106.

[32, 45, 46, 47.]

Diener, Beitrag zur Geologie des Centralstockes der Julischen Alpen; Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanstalt 1884, Seite 683—685.

Diener, Libanon. Wien 1886, S. 211—235, (211, 213, 214, 225, 226, 227, 230, 231, 232, 235).

[86—89, 92, 98.]

Ebel, Anleitung auf die Nützlichste und Genussvollste Art in der Schweiz zu Reisen. 1793.

Ebel, über den Bau der Erde in den Alpen-Gebirgen. Zürich 1803, S. 396.

[12, 18, 19, 24, 72.]

Escher, C., kein schriftlicher Nachlass; Bemerkungen über ihn bei Keller und O. Heer.

[19.]

Escher, A., geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Zürich 1853, S. 18, 55, 58, 90.

Escher, A., briefliche Mittheilungen über A. Escher an den Verfasser von A. Heim.

[26, 46, 47.]

Favre, recherches géologiques sur les parties de la Savoie et de la Suisse voisines du Montblanc P. I. S. 276 und 301.

[74.]

Fehlinger, Nachrichten über Geophysik. 1894. Bd. I. Nr. 1. Referat über Cvijić' Karstphänomen. S. 38.

Felix, briefliche Mittheilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.

[89.]

Fraas, Scenerie der Alpen. 1892, S. VII der Einleitung, dann S. 230.

Frey, die Wildalmkirche am Steinernen Meer. Z. d. D. u. Oest. A.-V. VIII, 1877, S. 71.

Fritsch, allgemeine Geologie. 1888, S. 313.

[94.]

Fugger, der Untersberg. Wissenschaftl. Beobachtungen und Studien. Z. d. D. u. Oest. A.-V. XI. 1880, S. 176—191.

[67—71, 84, 93, 98.]

Geyer, über jurassische Ablagerungen auf dem Hochplateau des Todten Gebirges in Steiermark. Jahrb. d. geol. R.-A. XXXIV. 1884, S. 336.

[88, 89.]

Gremblich (Pater), unsere Alpenwiesen. Separatabdruck aus dem Programm des Haller Gymnasiums. 1884/85, Seite 24.

[64, 67.]

Gruber, briefliche Mittheilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.

Gümbel, Beiträge zur geognostischen Kenntniss von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. Jahrb. d. geol. R.-A. VII. 1856, S. 5, 6.

Gümbel, geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861, S. 266, 269, 322, 347, 383, 386, 539, 540, 541.

Gümbel, Grundzüge der Geologie. Kassel 1888, S. 270, 271, 294.

[35—37, 46, 47, 84, 97.]

Günther, Lehrbuch der Geophysik. II. Bd. 1885, S. 634.

Günther, Lehrbuch der physikalischen Geographie. 1891, S. 411.

[93, 98.]

Gutbier, geognostische Skizzen. S. 55 ff.

[90.]

Hassert, Reise durch Montenegro. 1873, S. 30, 33, 99, 117, 118, 134, 135.

Hassert, der Durmitor. Wanderungen im montenegrinischen Hochgebirge. Z. d. D. u. Oest. A.-V. 1892, S. 141, 150, 161, 163.

Hassert, die Besteigung der Prutas im Durmitor. „Das neue Ausland.“ I. Bd. 1894, S. 169.

Hassert, Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro mit besonderer Berücksichtigung des Karstes. P. M. Ergänzungsheft Nr. 115. 1895, S. 78—81

[42, 84, 85, 101.]

Heer, Arnold Escher von der Linth, Lebensbild eines Naturforschers. Zürich 1873, S. 195, 212.

[19, 26, 37.]

Heim, über den Gletschergarten in Luzern. Luzern 1874.

Heim, einiges über die Verwitterungsformen der Berge. Neujahrsblatt der Zürich. Naturf. Gesellschaft auf das Jahr 1874. LXXVI. Zürich 1874, S. 9—10.

Derselbe Aufsatz kam später in etwas veränderter Gestalt heraus als:

Heim, über die Verwitterung im Gebirge. V. Bd. 5. H. der öffentl. Vorträge, gehalten in der Schweiz. Basel 1879, S. 14—20.

Heim, über die Karrenfelder. Jahrb. d. Schw. A.-Cl. 1877/78, S. 421—433.

Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. Basel 1878. I. Bd. S. 259, 337, 338.

Heim, Handbuch der Gletscherkunde. 1885, S. 406—409.

Heim, geologische Exkursion quer durch die östlichen Schweizeralpen. In: Livret-Guide Géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse dédié au Congrès géologique international. Lausanne 1894. S. 99, 101.

Heim, briefliche Mittheilungen an den Verfasser vom Jahre 1894, datirt Hottingen-Zürich d. 10. Mai.

[26, 54—60, 61, 62, 67, 69, 73, 74, 75, 79, 84, 90, 91, 93, 98.]

Hettner, Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. Forschungen zur Deutschen Landeskunde; hrgg. v. Kirchhoff. II. Bd. 1887, S. 293.

[90.]

Hilber, geologische Küstenforschungen zwischen Grado und Pola am adriatischen Meere, nebst Mittheilungen über ufernahe Baureste. Sitzungsber. d. Kais. Akademie der Wiss. in Wien. Bd. XCVIII. Abth. I. S. 54.

[86.]

Hirz (Dragutin Hirc), Gorski sklopovi i vrhovi jugozapadne višočine. Schriften der südslav. Akad. 1889, Bd. 98. S. 166.

[84.]

Hirzel (auch Hirzel-Escher), Wanderungen in weniger besuchte Alpengegenden der Schweiz und ihrer nächsten Umgebung. Zürich 1829, S. 118, 122—128.

[12, 19—23, 24, 34, 41.]

Hochstetter, unser Wissen von der Erde, allgemeine Erdkunde. 1886, S. 404.

[93.]

Jaccard, Jura vaudois et neuchatelois. Berne 1889, S. 16.

[75.]

Keil, das Steinerne Meer. Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde. 1861.

Keller, Bemerkungen über Karren oder Schratten (romanisch Lapies) in den Kalkgebirgen. Neujahrsblatt der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr 1840. XLII. Stück.

[19, 30, 31, 33, 34, 37—43, 44, 45, 46, 47, 68, 75, 97, 99.]

Kohl, Alpenreisen. III. Bd. Leipzig 1851, S. 100, 101.

[46, 47.]

Lapparent, Traité de Géologie. Paris 1883, S. 318, 319.

[93.]

Lipold, das Tännengebirge. Jahrb. d. geol. R.-A. 1851. S. 81, 82.

Mader, persönliche Mittheilungen an den Verfasser vorliegender Abhandlung über Karren in den Seealpen; ferner manuskriptliches Material über diese Gebiete.

Mader, die Hochflächen der östlichen Provence. Globus LXVI. Nr. 8. S. 122, 123.

[101.]

Mojsisovics, das westl. Kalkgebirge bis zur Linie Ključ-Petrovac-Kulen-Vakuf im Norden. In: Grundlinien der Geologie von Bosnien-Hercegovina. Jahrb. der geol. R.-A. XXX. 1880, S. 226.

Mojsisovics, die Dolomit-Riffe von Süd-Tirol u. Venetien. Beiträge z. Bildungsgesch. d. Alpen. Wien 1879, S. 382.

Mojsisovics, zur Geologie der Karsterscheinungen. Z. d. D. u. Oest. A.-V. 1880. XI. S. 115.

[42, 81, 82, 83, 85, 86.]

Mousson, zerstreute Bemerkungen über Mousson bei A. Heim und in des letztern brieflichen Mittheilungen an den Verfasser.

[58.]

Neumayr, Erdgeschichte. I. Bd. Leipzig 1886. S. 453.

[93.]

Partsch, Kephallenia und Ithaka. Erg. H. 98 zu P. M. 1890, S. 6, 19.

[85, 86.]

Penck, das Land Berchtesgaden. Z. d. D. u. Oest. A.-V. 1885, S. 258.

Penck, die Slavini di San Marco bei Roverto. Mitth. d. K. K. Geogr. Ges. in Wien 1886, S. 395, 397.

Penck, vom Dachsteinplateau. Ausland 1892. Nr. 42. S. 668.

Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Bibliothek geographischer Handbücher, herausgegeben von Prof. Dr. Fr. Ratzel. Stuttgart 1894. I. Bd. S. 237, 238.

[7, 71—73, 93.]

Philippson, der Peleponnes. Versuch einer Landeskunde auf geographischer Grundlage. 1892, S. 503.

[84.]

Ratzel, der Wendelstein. Z. d. D. u. Oest. A.-V. 1886, S. 398.

Ratzel, die Schneedecke, besonders in deutschen Gebirgen. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, herausgeg. v. Kirchhoff. 1889. IV. Bd. S. 184, 185.

Ratzel, über Karrenfelder im Jura und Verwandtes. Dekanatsschrift. Leipzig 1891.

Ratzel, briefliche und mündliche Mittheilungen an den Verfasser vorliegender Arbeit.

[21, 59, 65, 67, 74—79, 81, 87, 91.]

Renévier, Orographie de la partie des Hautes Alpes calcaires compris entre le Rhône et le Rawyl. Jahrb. des Schweizer A.-Cl. XVI. 1880, S. 74, 75.

Renévier, Bulletin de la Soc. Vaudoise d'Histoire Naturelle VIII, S. 285.

Renévier, Monographie des Hautes Alpes Vaudoises. Matériaux pour la carte géol. de la Suisse 1890, S. 499.
[62, 74.]

Richter, die Gletscher der Ostalpen. 1888, S. 71.
[72, 73.]

Richthofen, Führer für Forschungsreisende. 1886, S. 103, 104.
[7, 60, 61, 75, 86, 98.]

Rothpletz, das Diluvium um Paris; Denkschriften der schweiz. naturf. Ges. 1881, S. 46.
[58.]

Sauer, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. Bearbeitet unter Leitung von H. Credner. Sektion Elterlein. Blatt 138. S. 35, 36, 37.
[90.]

Saussure, Voyages dans les Alpes T. P. § 221—224. Genf 1779.
[13—15, 18, 19, 24, 27.]

Schardt, Etudes géologiques sur le Pays-d'Enhaut Vaudois, Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Vol. XX. Nr. 90. 1884, S. 113.

Schardt, briefliche Mittheilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.
[59, 62, 63, 67, 75.]

Schaubach, die deutschen Alpen. I. Theil. 2. Aufl. Jena 1871, S. 596.
[27, 46, 47.]

Scheuchzer, Beschreibung der Naturgeschichte des Schweizerlands. Dritter Theil. Enthaltende vornehmlich eine Ueber die höchsten Alpgebirge An. 1705 gethane Reise. Zürich 1708, S. 139.
[11—13, 15, 18.]

Schlagintweit, Untersuchungen über die physikalische Geographie und die Geologie der Alpen. II. Bd. 1854, S. 521.

[27, 46, 47.]

Schmidl, die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas. Wien 1854, S. 211. (cf. Zippe.)

[28.]

Schnyder (Schnider oder Schneider von Wartensee), Geschichte des Entlibuches. Luzern 1781/82. II. Theil. S. 20, 22.

Schnyder, besondere Beschreibungen etlicher Berge des Entlibuches. Luzern 1783. Die Schrattenfluh, S. 1—17.

[10, 16—18, 24, 34.]

Senft. In Leunis, Synopsis der drei Naturreiche, III. Abth., Mineralogie und Geognosie, bearbeitet von Senft; II. Abth. I. Bd. 1876, S. 96.

[93, 94.]

Simony, über die Spuren der vorgeschichtlichen Eiszeit im Salzkammergut. Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien; herausgegeben von W. Haidinger. I. Bd. 1847, S. 226—234, 243.

Simony, über See-Erosionen in Ufergesteinen. Sitzungsab. d. K. Akad. der Wissenschaften in Wien. 1871, S. 198, 199.

Simony, die Gletscher des Dachsteingebirges. Sitzungsab. d. K. Akad. d. Wissenschaften in Wien. 1871 S. 505, 524.

Simony, die erosirenden Kräfte im Alpenlande. Jahrb. des österr. Alpen-Vereins. VII. Bd. Wien 1871, S. 29, 30, 31, 41, 44.

Simony, Beiträge zur Physiognomik der Alpen. Kettler's Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie. V. 1885, S. 33, 37.

Simony, das Schwinden des Karlseisfeldes nach 50jähr. Beobachtungen und Aufnahmen. 1891, S. 16.

Simony, das Dachsteingebiet. Ein geograph. Charakterbild aus den Oesterreichischen Nordalpen. I. Heft. 1889. Erläuterungen zu den Tafeln V, VI, VII, IX,

XIII. II. Heft. 1893. Erläuterungen zu den Tafeln XXIII, XL, XLIV, XLV.

[48—53, 55, 68, 71, 74, 75, 80, 83, 84, 87, 91, 92, 98, 99, 100.]

Sonklar, allgemeine Orographie 1873, S. 241.

[6, 92, 93.]

Stache, Uebersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Oesterreich-Ungarn. Jahrb. d. geol. R.-A. 1889. S. 13, 14.

Stache, die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abhandlungen der geologischen R.-A. Bd. XIII. H. 1. S. 14.

[86.]

Stalder, Fragmente über Entlebuch. Zürich 1797.

[18.]

Studer (Vater von B. Studer). Kein schriftlicher Nachlass über Karren. Bemerkungen über ihn bei Keller.

[19.]

Studer, B., Lehrbuch der Physikalischen Geographie und Geologie. I. Bd. Bern, Chur und Leipzig. 1844, S. 340, 341.

Studer, Geologie der Schweiz. II. Bd. Bern und Zürich 1853, S. 57, 76, 103, 129.

Studer, Notiz über die Karrenfelder. Jahrb. des Schw. A.-Cl. 1873/74. IX.

[13, 28, 30, 31, 46, 47, 59, 75, 97.]

Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. 1884, S. 235.

Supan, Oesterreich - Ungarn. Länderkunde von Europa. Herausgeg. von Kirchhoff. I. Theil. 2. Hälfte. 1889. S. 32.

[93, 98.]

Tietze, zur Geologie der Karsterscheinungen. Jahrb. d. geol. R.-A. XXX. 1880, S. 748, 749.

[42, 83, 84, 86, 87.]

Tschudi, das Thierleben der Alpenwelt. 8. Auflage. S. 208 ff.

[28, 32—35, 46, 47, 63.]

Umlauft, die Alpen; Handbuch der gesamten Alpenkunde. 1887, S. 396—399.

[93, 98.]

Vogt, C., Lehrbuch der Geologie und der Petrefaktenkunde. 4. Aufl. Braunschweig 1879. I. Bd. S. 566. II. Bd. S. 190, 191.

[93, 97.]

Vogt, J. H. L. Dunderlandsdalens jernmalmfelt. Norges Geologiske Undersögelse. Christiana. 1894. Nr. 15. S. 16. 91.

Waltenberger, die Gebirgsgruppe des Hohen Ifen. Z. des D. u. Oest. A.-V. VIII. 1877, S. 26 ff.

[65—67, 97, 101.]

Zippe, einige geognostische und mineralogische Bemerkungen über den Höhlenkalkstein des Karstes; im Anhang zu Schmidl's Werk: die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas. Wien 1854, S. 211—213.

[28, 29, 46, 47, 75, 79.]

Zittel, die Morlakei und ihre Bewohner. Oesterreichische Revue 1864, S. 227.

[28, 29, 46, 47, 79.]



Im Verlage von C. E. M. Pfeffer-Leipzig sind als Separat-
abdrücke aus der Zeitschrift für Naturwissenschaften unter
anderen erschienen:

Dr. med. **K. Alt**, Ueber das sogenannte Gedankenlesen.

A. Dathe, Theorie des Färbeprozesses.

Prof. **Ed. Donath**, Ueber die hydrolytischen Spaltungen organischer
Substanzen.

Prof. Dr. **Hugo Erdmann**, Ueber das kaukasische Erdöl. Mit 1 Tafel.

— — Neuere Entwicklung der pharmaceut. Chemie.

— — Ueber Grössenordnungen. Mit 1 Tafel.

— — Werner von Siemens.

Prof. Dr. **K. v. Fritsch**, Das Gefüge diluvialer Grundmoränengebilde
am Goldberge bei Halle a. S. Taf. V—VII.

Director **Goltz** und Privat-Docent Dr. **Baumert**, Ueber Pferdefleisch
und den chemischen Nachweis desselben.

Premierlieut. **Gross**, Der Luftballon im Dienste der Wissenschaft.

Dr. **G. Kleine**, Ueber Einwirkung von Aethylenbromid etc. auf
Trimethylamin.

Prof. Dr. **R. Kobert**, Ueber die Wirkungen des Septentrionalins.

Dr. **G. König**, Beiträge zur Kenntniss der Alkaloide aus den Wurzeln
von *Sanguinaria canadensis* und *Chelidonium majus*.

Privatdoc. Dr. **Otto Lang**, Ueber zeitlichen Wechsel der Vesuvlaven
und Aetnagesteine. Mit 6 Holzschnitten.

Prof. Dr. **O. Luedecke**, Die isopleomorphe Gruppe der Mesotype.

— — Ueber Heintzit. Mit 2 Holzschnitten.

Cultur-Ingenieur Dr. **Carl Luedecke**, Die Gesteine und Böden der
Muschelkalkformation von Göttingen. Mit 11 Tabellen
und 1 Tafel, Tabelle XIa.

Dr. **William Luzi**, Beiträge zur Kenntniss des Graphitkohlenstoffs.
Mit 4 Holzschnitten.

Dr. phil. Apotheker **Fr. Schaumann**, Bestimmung von Glycerin im
Wein, nebst Notizen über sächsisch-thüringische Weine.
Mit 1 Tafel.

Prof. Dr. **K. E. F. Schmidt**, Die Elektrochemie und ihre Bedeutung
für die Technik.

— — Analogie der Bewegung von Flüssigkeiten und electrischen
Strömen. Mit 1 Tafel.

— — Die Bedeutung der Faraday'schen Kraftlinien. Mit 2 Tafeln
und 8 Figuren im Texte.

Prof. Dr. **K. E. F. Schmidt**, Mittheilungen über Blitzschläge und Gewitterbewegungen.

— — Die Einwirkung des Blitzschlages auf verschiedene Baumarten.

— — Die Dimension des Potentials.

— — Heinrich Hertz, Nachruf.

— — August Kundt, Nachruf.

— — Zur Erinnerung an Hermann v. Helmholtz.

— — Moderne Anschauungen über die Kräfte der Elektrizität.

Dr. **Ed. Veckenstedt**, Das wilde, heilige und Gebrauchsfeuer.

— — Zur Bestimmung der 12 Edelsteine am Amtsschild des Hohenpriesters.

Prof. Dr. **H. Wiener**, Die geometrische Construction zweier Sinusschwingungen. 10 Figuren im Text.

Dr. **Ed. Zache**, Die Entwässerung des neumärkischen Plateaus am Ende der diluvialen Abschmelzperiode. Mit 1 Holzschnitt.

— — Ueber den Verlauf und die Herausbildung der diluvialen Moraene in den Ländern Teltow und Barnim-Lebus. Mit 1 Tafel.

Prof. Dr. **Wohltmann**, Ein Beitrag zu den Muschelbergen, Sambaquis, an der Ostküste Brasiliens. Mit 2 Tafeln.

L. Metzger
Buchbinderei
Karmeliterstr. 4

Eckert, Max,

Das Karrenproblem die Geschichte seiner Lösung

Leipzig 1896

Geo.u. 528 ml

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11808672-0